



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA

Uso de la electrocoagulación para reducir la carga de contaminantes en la  
planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper-Huachipa 2017 II

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Lissey Shelsy, Perez Bendezu

ASESOR:

Jose Eloy, Cuellar Bautista

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestion de los Recursos Naturales

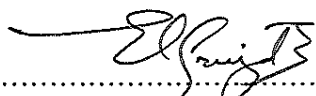
LIMA – PERÚ

2018

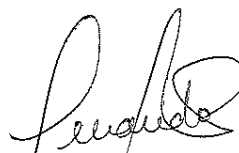
El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) *Perez Bendezu Lissef Shelsy* ; cuyo título es: **"USO DE LA ELECTROCOAGULACION PARA REDURCIR LA CARGA DE CONTAMINANTES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES AJEPER-HUACHIPA 2018 "**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 12 (número) doce letras).

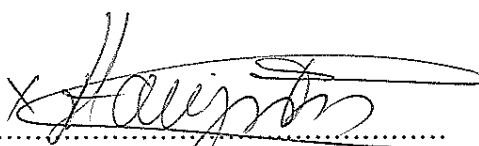
Lima Este (o Filial) 20 de julio del 2018.



.....  
EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN  
PRESIDENTE



.....  
FERNANDO ANTONIO SERNAQUE AUCCAHUASI  
SECRETARIO



.....  
JOSE ELOY CUÉLLAR BAUTISTA  
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

### **Dedicatoria**

A Dios por protegerme, guiar e iluminar siempre mi camino, por darme la bendición de ser mama de un hermoso niño que me inspira a crecer y ser mejor día a día, cada uno de los propósitos que tengo es por el que será siempre mi punto de impulso para ser su orgullo.

A mis padres, por su apoyo incondicional en toda mi etapa de estudios, por los valores que han inculcado y hacer de mí una mejor persona, de mi mama aprendí y aprendo, la perseverancia y constancia en la vida.

### **Agradecimientos**

A Dios; por haberme guiado a lo largo de mis estudios, por los triunfos y los momentos difíciles que me han ensañado a que, en esta vida con perseverancia, entrega a lo que uno se propone todo se puede lograr, a mi Universidad, por abrirme las puertas para aprender sobre mi carrera.

A mi madre Ema Bendezu Urbay; por darme la oportunidad de estudiar una carrera profesional por ser mi mayor ejemplo.

A mi hijo Mathias Sebastián Calixto Pérez, por ser parte de mi vida y hacer de mí una mejor persona.


De igual manera agradezco a mi asesor Dr. Ing José Cuellar, por guiarme durante todo el desarrollo de la tesis; sus conocimientos, paciencia y motivación que han sido fundamentales para mi formación como investigadora.

Finalmente quiero agradecer a todas las personas que colaboraron durante mi periodo de investigación por lo aprendido de ellos y adquirir nuevos conocimientos, los cuales me hacen crecer como persona y profesionalmente.

### **Declaratoria de autenticidad**

Yo Lissef Shelsy, Perez Bendezu con DNI N° 70806204, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 20 de Julio de 2018



---

Lissef Shelsy Perez Bendezu  
DNI: 70806204

## **Presentación**

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Uso de la electrocoagulación para reducir la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper-Huachipa 2017 II”, cuyo objetivo es el uso de la electrocoagulación en la reducción de la carga de contaminantes y que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniera Ambiental. La investigación consta de seis capítulos. En el I capítulo se describe detalla la realidad problemática, trabajos previos, teorías relacionadas al tema, formulación del problema, la hipótesis y los objetivos; en el II capítulo se describe el diseño de investigación, las variables, población, muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, aspectos éticos y método de análisis de datos, en el III, IV, V y VI se describen los resultados, las discusiones y conclusiones de la investigación

.

## **Resumen**

La presente investigación tiene como objetivo: el uso de la electrocoagulación para reducir la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajerper- Huachipa 2017 II. La metodología es experimental y la validación de instrumentos se realizó a juicio de expertos; una vez recolectados fueron debidamente procesados y analizados en el programa Excel 2013, se tomaron 2 muestras y realizó un tratamiento en un periodo de 30 y 45 min

El objetivo de la investigación es disminuir la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de la electrocoagulación y cambiar los tratamientos convencionales por este, cuyo fin es contribuir con el medio ambiente y que la empresa pueda reutilizar estas aguas en áreas verdes, limpieza de líneas de producción

Los resultados de los parámetros físicos y químicos obtenidos después del tratamiento muestran una disminución elevada en porcentajes dentro de los valores máximos admisibles. Teniendo un 97 % DQO; 95 % SST; 92% DBO5. los resultados obtenidos antes del tratamiento se encuentran por encima de los límites, excepto el parámetro de DBO5, obteniendo una disminución significativa con el tratamiento.

Se puede afirmar que el tratamiento de electrocoagulación logro disminuir los contaminantes de los efluentes de la empresa de bebidas, así mismo se logró mejorar la calidad del efluente que será vertido al sistema alcantarillado.

### **Palabras clave:**

Electrocoagulación, densidad de corriente, aguas residuales

## **Abstract**

The present investigation has like objective: the use of the electrocoagulación to reduce the load of contaminantes in the plant of wastewater treatment Ajerper-Huachipa 2017 II. The methodology is experimental and the validation of instruments was carried out according to experts; Once collected they were processed and analyzed in the Excel 2013 program, 2 samples were taken and I did a work in a period of 30 and 45 minutes

The objective of the research is to reduce the load of pollutants in the wastewater treatment plant through the use of electrocoagulation and to change the conventional treatments by this one, whose objective is to contribute to the environment and that the company can reuse these waters in green areas, cleaning of production lines

The results of the physical parameters and of the things after the treatment were not elevated in percentages within the maximum admissible values. Having a 97% COD; 95% of SST; 92% BOD5. the results before treatment are above the limits, except for the BOD5 parameter, obtaining a significant decrease with the treatment.

It can be affirmed that the electrocoagulation treatment managed to reduce the contaminants of the beverage company, as well as improving the quality of the effluent that was discharged into the sewage system.

### **Keywords:**

Electrocoagulation, current density, wastewater



## INDICE

PÁGINA DEL JURADO .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	V
PRESENTACIÓN .....	V
ÍNDICE.....	VI
RESUMEN .....	X
ABSTRACT .....	XI
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Realidad Problemática .....	3
1.2. Trabajos previos.....	5
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	16
1.4. Formulación del problema.....	21
1.5. Justificación del estudio.....	22
1.6. Hipótesis .....	24
1.7. Objetivos .....	25
II. METODOLOGÍA .....	27
2.1. Diseño de investigación .....	27
2.2. Variables, operacionalización .....	28
2.3. Población y muestra .....	30
2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos validez y confiabilidad .....	30
2.5. Métodos de análisis de datos.....	31
2.6. Aspectos éticos .....	36
III. RESULTADOS.....	38
3.1. Resultado de análisis inicial.....	38
3.2. Resultado después de los tratamientos.....	39
3.3. Eficiencia del proceso de electrocoagulación en el tratamiento de los efluentes de la industria textil .....	43
3.4. Análisis Estadístico.....	45
IV. DISCUSIÓN .....	57

<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>61</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>65</b>
<b>7.1. Referencia Bibliográficas .....</b>	<b>66</b>
<b>7.2. Citas bibliográficas .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO N°1 Matriz de consistencia .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO N°2 Permiso de lugar de proyecto .....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO N°3 Instrumento de recolección de datos .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO N°4 Esquema del proceso productivo de la industrial.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO N°5 Toma de muestra para el tratamiento por electrocoagulación .....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO N°7 Tratamientos por electrocoagulación.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO N°8 Análisis de parámetros físicos .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO N°9 Análisis de parámetros químicos .....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO N°10 Resultados de los tratamientos</b>	<b>90</b>

## INDICE DE TABLA

<b>Tabla 1 Matriz y operacionalizacion de variables .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 2 Procedimiento de análisis y recolección de datos .....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 3 Matriz de consistencia .....</b>	<b>70</b>

## ÍNDICE DE CUADRO

<b>Cuadro Nº 1</b> Operacionalización de variables .....	29
<b>Cuadro Nº 3</b> Consolidado de resultados de los parámetros físicos y químicos de la muestra inicial .....	3
8	
<b>Cuadro Nº 4</b> Consolidados de resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento: <b>T1</b> . Tiempo: 15 minutos; Amperaje: 3A/cm <sup>2</sup> y Material: 6 electrodos de hierro.....	39
<b>Cuadro Nº 5</b> Consolidado de resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento: <b>T2</b> . Tiempo: 30 minutos; Amperaje: 3A/cm <sup>2</sup> y Material: 6 electrodos de hierro .....	3
9	
<b>Cuadro Nº 6</b> Consolidado de resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento: <b>T3</b> . Tiempo: 15 minutos; Amperaje: 5A/cm <sup>2</sup> y Material: 6 electrodos de hierro .....	4
0	
<b>Cuadro Nº 7</b> Consolidado de resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento: <b>T4</b> . Tiempo: 30 minutos; Amperaje: 5A/cm <sup>2</sup> y Material: 6 electrodos de hierro .....	4
0	
<b>Cuadro Nº 8</b> Consolidado de resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento: <b>T5</b> . Tiempo: 15 minutos; Amperaje: 3A/cm <sup>2</sup> y Material: 6 electrodos de aluminio .....	4
1	

<b>Cuadro Nº 9</b> Consolidado de resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento: <b>T6</b> . Tiempo: 30 minutos; Amperaje: 3A/cm <sup>2</sup> y Material: 6 electrodos de aluminio .....	1
<b>Cuadro Nº 10</b> Consolidado de resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento: <b>T7</b> . Tiempo: 15 minutos; Amperaje: 5A/cm <sup>2</sup> y Material: 6 electrodos de aluminio .....	4
2	
<b>Cuadro Nº 11</b> Consolidado de resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento: <b>T8</b> . Tiempo: 30 minutos; Amperaje: 5A/cm <sup>2</sup> y Material: 6 electrodos de aluminio .....	4
2	
<b>Cuadro Nº 12</b> Resultados estadísticos de ANOVA en el parámetro de conductividad .....	46
<b>Cuadro Nº 13</b> Prueba de contraste de Duncan en el parámetro de conductividad.....	46
<b>Cuadro Nº 14</b> Resultados estadísticos de ANOVA en el parámetro de SST.....	48
<b>Cuadro Nº 15</b> Prueba de contraste de Duncan en el parámetro de SST .....	48
<b>Cuadro Nº 16</b> Resultados estadísticos de ANOVA en el parámetro de pH.....	50
<b>Cuadro Nº 17</b> Prueba de contraste de Duncan en el parámetro de pH.....	50
<b>Cuadro Nº 19</b> Resultados estadísticos de ANOVA en el parámetro de DBO <sub>5</sub> .....	52
<b>Cuadro Nº 20</b> Prueba de contraste de Duncan en el parámetro de DBO <sub>5</sub> .....	52
<b>Cuadro Nº 21</b> Resultados estadísticos de ANOVA en el parámetro de DQO .....	54
<b>Cuadro Nº 22</b> Prueba de contraste de Duncan en el parámetro de DQO .....	54

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico Nº 1</b> Escala de pH.....	20
<b>Gráfico Nº 3</b> Eficiencia del análisis de conductividad eléctrica .....	43
<b>Gráfico Nº 4</b> Eficiencia del análisis de SST .....	44
<b>Gráfico Nº 5</b> Eficiencia del análisis de DBO <sub>5</sub> .....	44
<b>Gráfico Nº 6</b> Eficiencia del análisis de DQO .....	45
<b>Gráfico Nº 7</b> Análisis de Conductividad .....	47
<b>Gráfico Nº 8</b> Análisis de SST.....	49
<b>Gráfico Nº 9</b> Análisis de pH .....	51
<b>Gráfico Nº 10</b> Análisis de DBO <sub>5</sub> .....	53
<b>Gráfico Nº 11</b> Análisis de DQO.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura Nº 1</b> Pozo de toma de muestra.....	84
<b>Figura Nº 2</b> Toma de muestras de efluentes de la empresa textil.....	84
<b>Figura Nº 3</b> Medición de pH y temperatura de los efluentes de la industria textil.....	85
<b>Figura Nº 4</b> Toma de muestra para el tratamiento de electrocoagulación y rotulado .....	85
<b>Figura Nº 5</b> Celda .....	86
<b>Figura Nº 6</b> Tratamientos con electrodos de aluminio .....	90
<b>Figura Nº 7</b> Tratamientos con electrodos de hierro .....	90

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad uno de los principales problemas que está atravesando el hombre es la necesidad de proveer agua, ya que el crecimiento poblacional es extenso y la demanda del uso del agua va en aumento debido a una sobre explotación de este recurso, además existe una contaminación de este, debido a que el manejo y la distribución es inadecuada. La descarga de los efluentes en este caso es industrial una vez tratada como distribución final tiene salida hacia el alcantarillado que después estaría llegando hacia los ríos, lagos generando una contaminación.

Las aguas residuales industriales provienen de la descarga de sustancias que son utilizadas para la elaboración de bebidas (gaseosas carbonatadas, Agua mineral, jugos, cervezas, te, hidratantes y energizantes), que provienen de forma química y también contienen colorantes artificiales, para tratar de disminuir los parámetros físico-químicos utilizan alumbre y cal, soda caustica etc. Irigoin. C (2015).

El uso de la electrocoagulación es una alternativa para el tratamiento de aguas residuales que consiste en la desestabilización de los contaminantes de aguas que están en suspensión, esto se realiza mediante una corriente eléctrica, permite eliminar contaminantes como aceites, grasas, metales pesados, moléculas orgánicas, coloides, color, etc. Es beneficioso ya que genera lodos compactados en menor cantidad, contiene menor cantidad en cuerpos de agua, puede generar aguas potables, incoloras e inodoras, los costos son menores comparativamente con los procesos convencionales, purifica el agua y permite su reciclaje. Betancourt, M. Domínguez, A. (2013).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el uso de la electrocoagulación para reducir la carga de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales AJEPER- Huachipa 2017 II. Y a su vez la finalidad del aprovechamiento de estas aguas residuales dentro de la empresa

### **1.1 Realidad problemática**

En la actualidad no existe conciencia ambiental sobre el uso del recurso hídrico y la reutilización de este, en el tratamiento de aguas residuales se utilizan químicos con la finalidad de disminuir la carga de contaminantes, lo que se busca es dar una solución que nos permita que después de ser tratada pueda tener otra finalidad dentro de la industria, usando la electrocoagulación para reducir la carga de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper-Huachipa 2017 II.

Esta técnica es beneficiosa ya que disminuye costos comparando con los tratamientos convencionales, también minimiza el uso de coagulantes sintéticos, reduce los impactos ambientales. El agua juega un papel muy importante ya que sin este recurso no hay vida. La empresa AJEPER esta dedicaba a la producción de bebidas antes de utilizar el agua para el proceso de fabricación estas son tratadas, posteriormente el agua que se utiliza ya sea para el lavado de botellas, lavado de tuberías, limpieza del espacio de producción llegan a la planta de tratamiento de aguas residuales, cuyo fin en particular que tienen es disminuir el pH y otras cargas contaminantes para tratar de cumplir con los estándares de calidad, y el destino final que tienen es el alcantarillado después del proceso. Estas aguas deberían ser utilizadas después de su tratamiento para beneficiar a la empresa en áreas verdes, servicios higiénicos, piletas, etc. Ya que hoy en día existen escases de agua. Este tratamiento es eficiente para el tratamiento de aguas industriales y también en la eliminación de contaminantes para el consumo humano.

A partir de los cambios en el medio ambiente el gobierno tomo medidas para crear políticas para el cuidado y la prevención del ambiente debido a la intervención del Organismo de Evaluación y fiscalización ambiental (OEFA) y la autoridad nacional del agua (ANA) siendo estos los encargados de la protección del medio ambiente. Muchas industrias transnacionales tienen su planta de tratamiento de efluentes industriales y las empresas medianas aún no están optando por estas instalaciones ya que existen muchas deficiencias debido a la falta de compromiso con el medio ambiente.

En la actualidad se está haciendo necesario optar por tecnologías más eficientes para el tratamiento de aguas industriales, es importante que las tecnologías



nuevas puedan competir con las tecnologías convencionales para el proceso físico, químico y biológico. Los tratamientos deben tener una alta eficiencia, reducción de costos, disminución de impactos ambientales.

La electrocoagulación es un tratamiento que está siendo eficazmente aplicada en la actualidad para el tratamiento de aguas residuales en la industria, este se convierte en un proceso electroquímico que puede tener resultados exitosos en su aplicación, alcanzando la protección, conservación y recuperación del recurso hídrico. (Arango, R. 2005).

Este proceso consiste en desestabilizar contaminantes suspendidos, disueltos mediante la introducción de la carga eléctrica, la electrocoagulación no solo limpia el agua, sino también se puede reutilizar ya que es un método seguro y económico para el tratamiento de aguas industriales.

## **1.2 Trabajos previos**

Aguilar, A. (2015). En su tesis titulada Evaluación de la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de agua, realizado en la Universidad Nacional de San Marcos en su estudio la metodología de investigación es experimental, propuso como objetivo determinar la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de aguas. En general las plantas de tratamiento de agua en el país están basadas en tecnologías convencionales como el tratamiento físico químico el cual utiliza coagulantes primarios como el aluminio o sales de hierro para el proceso de coagulación (...) si bien es cierto es eficiente el tratamiento de lodos activados, pero presenta un costo elevado para su operación y mantenimiento. El tratamiento de aguas residuales industriales con electrocoagulación es un proceso efectivo para la remoción de contaminantes, siendo una alternativa viable para la aplicación en nuestro país.

Quispe, K. (2015). Con el tema de tesis Electrocoagulación en la remoción de mercurio de aguas residuales en el centro poblado la Rinconada –Puno realizado en la Universidad Nacional del Altiplano en su estudio la metodología de investigación es experimental, propuso como objetivo evaluar la electrocoagulación para la remoción mercurio de las aguas residuales procedentes del centro poblado La Rinconada (...) Los experimentos se llevaron a cabo en una celda con configuración monopolar, empleando electrodos de aluminio. Para la construcción de la celda de electrocoagulación. Los resultados fueron adecuados para el desarrollo de la tesis experimental dio como recomendación evaluar el efecto de variables como el Ph, temperatura y tensión en la remoción de metales pesados.

Loyola, F. (2014) Con el tema de tesis Influencia de la electrocoagulación sobre la cantidad de contaminantes provenientes de los efluentes de una empresa conservera. Se realizó en Chimbote de la Universidad Cesar Vallejo. La metodología que utilizo es pre-experimental, propuso como objetivo Determinar la influencia del proceso de la electrocoagulación, hoy en día existe un mercado que cada vez es más exigente con las empresas, que si no cumplen los requisitos de calidad en la producción buscando el bienestar en los niveles ambientales, por ello es que se deben buscar formas y alternativas para el

tratamiento de efluentes que se adapten a los recursos disponibles y cumplan con dichas exigencias del mercado y el ministerio ambiente, una de las medidas y alternativas para el tratamiento de efluentes sería el método de electrocoagulación que podría usarse en diferentes industrias.

Vepsäläinen, M (2012) who did the work” Electrocoagulation in the treatment of industrial

Wastewaters” which was sustained in theat the Concert and Congress House Mikaeli, Mikkeli, The following objective was proposed study the parameters affecting NOM removal by EC. The effect of current density, treatment time, and electric charge added per volume, temperature, initial pH and electrochemical cell structure on the removal efficiency of NOM were investigated. Relevant water quality parameters were measured before and after treatment to evaluate the performance of the treatment. This work looks plants for the destabilization of pollutants so that they can be removed in the subsequent separation processes. The most commonly used coagulation chemicals are aluminum and iron metal salts. Electrocoagulation technology has also been proposed for the treatment of raw waters and wastewaters. With this technology, metal cations are produced on the electrodes via electrolysis and these cations form various hydroxides in the water depending on the water pH. In addition to this main reaction, several side reactions, such as hydrogen bubble formation and the reduction of metals on cathodes, also take place in the cell. In this research, the applications of electrocoagulation were investigated in raw water treatment and wastewater applications. The surface water used in this research contained high concentrations of natural organic matter (NOM). The effect of the main parameters - current density, initial pH, electric charge per volume, temperature and electrolysis cell construction- on NOM removal were investigated. In the wastewater treatment studies, the removal of malodorous sulphides and toxic compounds from the wastewaters and debarking effluents were studied. Also, the main parameters of the treatment, Such as initial pH and current density, were investigated. Aluminum electrodes were selected for the raw water treatment, whereas wastewaters and debarking effluent were treated with iron electrodes. According to results of this study, aluminum is more suitable electrode material for electrocoagulation applications because it produces Al (III) species.

Metal ions and hydroxides produced by iron electrodes are less effective in the destabilization

of pollutants because iron electrodes produces more soluble and less charged Fe (II) species. However, Fe (II) can be effective in some special applications, such as sulphide removal. The resulting metal concentration is the main parameter affecting destabilization of pollutants. Current density, treatment time, temperature and electrolysis cell construction affect the dissolution of electrodes and hence also the removal of pollutants. However, it seems that these parameters have minimal significance in the destabilization of the pollutants besides this effect (in

the studied range of parameters). Initial pH and final pH have an effect on the dissolution of electrodes, but they also define what aluminum or iron species are formed in the solution and have an effect on the  $\zeta$ -potential of all charged species in the solution. According to the results of this study, destabilization mechanisms of pollutants by electrocoagulation and chemical coagulation are similar

Kuokkanen, V. (2016) who did the work "UTILIZATION OF ELECTROCOAGULATION FOR WATER AND WASTEWATER TREATMENT AND NUTRIENT RECOVERY" which was sustained in the University of Oulu. The following objective was proposed: general. The aim of the next part of this work was to find new feasible applications for EC in the treatment of water and wastewater. The studied wastewaters included bio- and synthetic oil-in-water emulsions, various industrial nutrient-containing wastewaters, and peat bog drainage water containing humic substances (an interesting and topical problem, especially in Finland). These studies proved the feasibility of EC. In addition, larger-scale experiments were also conducted successfully, thus proving the scalability of the EC process. Extensive economic analyses of the studied EC applications were also done. The operational costs and energy of EC were found to be very low—typically about 0.1–1.0 €/m<sup>3</sup> and 0.4–4.0 kWh/m<sup>3</sup>. It has been forecasted that in the future there will be a shortage of virgin phosphorus. Therefore, another essential purpose of this work was to conduct a preliminary study on the feasibility of using EC for nutrient (especially phosphorus, but also nitrogen) removal and recovery from different types of real wastewater. Specifically, it may be possible to use EC sludges containing remarkable amounts of phosphorus and nitrogen as additives in granulated bio ash-based fertilizer

products for various applications. This is a novel idea and a "hot topic" in the waste utilization sector and in circular and bioeconomy.

According to Martinez, f. (2007) that carried out the work "Treatment of Industrial Residual Waters by Electrocoagulation and Conventional Coagulation" that was supported at the University of Castilla La Mancha - Faculty of Chemical Sciences, was designed to study the treatment of synthetic wastewater contaminated with Eriochrome Black T (NET), as a model of colloidal residual water, by electrochemically assisted coagulation. This work seeks to treat industrial wastewater through electrocoagulation and conventional coagulation whose operation is aimed at achieving the destabilization of contaminants through its interaction with a reagent (generally, salts of Fe (III) and Al (III)). This operation can complement, in the treatment of water, conventional solid-liquid separation operations. Likewise, it seeks to contribute to minimizing the environmental impact caused by the discharges generated by human activities. An alternative to the addition of salts of Fe (III) and Al (III) is the generation of these compounds in situ, by dissolving metal sheets. of iron or aluminum. For this, the iron or aluminum plates are used as anodes of an electrochemical cell, and the speed of appearance of these components is controlled by modifying the current intensity that is circulated through the cell. This process is known as electrochemically assisted coagulation or electrocoagulation and, in principle, allows better control in the dosing of reagents and a significant saving in operating costs. As for the methodology, tests were carried out with three types of wastewater using aluminum electrodes, it has been shown that this process can be used successfully in the treatment of wastewater contaminated with kaolinite, NET and O / W emulsions. The most important variables in the process are the concentration of aluminum supplied (coagulant) and the pH of the medium. Therefore, in the treatment of water contaminated with kaolinite and NET, percentages of high removal rates for small electric charge values ( $0.003$  and  $0.008 \text{ A h dm}^{-3}$ , respectively, proportional to the electrolysis aluminum concentrations), on the contrary, for the electrochemical breakdown of oil-in-water emulsions, high load values are required electrical ( $0.100 \text{ A h dm}^{-3}$ ). Likewise, these studies have revealed that in the treatment of water contaminated with kaolinite and NET only high efficiencies of elimination of contaminants in the range of acidic pHs are reached, while the rupture of the emulsion only takes

place at pH values comprised between 5 and 10. and 9. Which results of the electrocoagulation process with aluminum electrodes has been used successfully in the treatment of Black Eriochrome T (NET) solutions. The most important variables in the process are the concentration of aluminum supplied and the pH of the medium. High efficiencies are obtained for small values of electric charge (and, therefore, small values of aluminum concentration) and, likewise, only high percentages of elimination are obtained at operating pHs below 6. In the range of acidic pHs, Two efficiency maxima are observed, one at pHs close to 2 and the other at pHs close to 5-6. Concluding that both conventional and electrochemical coagulation processes of the three types of wastewater studied in this thesis, it has been found that the main operating variables are aluminum concentration and pH. There are no significant differences between the results achieved through the conventional and electrochemical processes, in continuous operation mode, when both operate in similar conditions of aluminum concentration and pH, in steady state. Thus, the experimental results obtained can be explained based on the aluminum species generated in the system, and the coagulation mechanisms previously proposed in the literature. The mode of operation (continuous or discontinuous) has a significant influence on the results of the conventional and electrochemical coagulation processes. This fact is justified based on possible differences in the speciation of aluminum when the dosage occurs instantaneously or progressively. For this reason, the widely used jar tests (jar test) may not be an optimal methodology for determining the best coagulation conditions.

CORTIJO (2013), in its research work aims to reduce the alkalinity of the process water that must maintain a minimum content of salts (calcium carbonate, bicarbonate and magnesium) to be used in the process of manufacturing without producing incrustations or corrosion in the plant's systems. He design is experimental, as shown by a company that is dedicated to manufacturing process; and it was obtained results of a water with the characteristics desired by the company, a water in equilibrium (non-corrosive and non-incrustating). HE concluded that the use of ion exchange resins was feasible to reduce the alkalinity of the water, using a much more methodology.

Pérez, G. (2015) quien realizo el trabajo *“Tratamiento De Aguas Residuales De La Industria Textil Mediante Procesos Electroquímicos”* el cual fue sustentado

en la Universidad Central Del Ecuador- Facultad de Ingeniería Química, se planteó el siguiente objetivo general tratamiento de aguas residuales textiles mediante procesos electroquímicos de electrocoagulación y electrofenton. Este trabajo busca tratar las aguas residuales procedentes del área de lavandería y tinturado. Con el fin de tener un estudio de procesos electroquímicos: electrocoagulación y electrofenton, como alternativas para el tratamiento de aguas residuales de una industria textil mediante el control de los parámetros: demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos, turbidez, color, pH y hierro, para el cumplimiento de la norma vigente. Así mismo, se busca contribuir con los procesos electroquímicos el tratamiento de las aguas residuales la cual ofrece una alternativa eficiente, con ventajas económicas y ambientales sobre los métodos convencionales; se dan al inducir corriente eléctrica en el agua a través de placas metálicas formando productos coagulantes y especies radicales transitorias insitu con un gran poder oxidante; que desestabilizan las partículas contaminantes presentes. En cuanto a la metodología este trabajo de investigación se enfoca en los procesos electroquímicos de: electrocoagulación y electrofenton como tratamientos de aguas residuales de la industria textil. para ello se sometió el efluente a electrocoagulación y trabajando con variaciones de pH ( 5 y 8 ), potencial ( 9, 13 y 15 V ), densidad de corriente ( 50, 84, 160 y 180 A/m<sup>2</sup> ) y tiempo ( 5, 15, 20 y 30 min ); se obtuvo el mejor porcentaje de remoción de demanda química de oxígeno, variable tomada como respuesta a las siguientes condiciones: pH 5, potencial 15 V, densidad de corriente 160 A/m<sup>2</sup> y tiempo de 30 minutos. A las condiciones encontradas se trató mediante electrocoagulación dos muestras de agua residual de la industria textil con diferentes grados de contaminación, una menos contaminada y otra considerada como punto crítico ( más contaminada ), mediante el control de los parámetros: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos ,Turbidez , color, Hierro y pH se determinó que el tratamiento del efluente menos contaminado cumple con los límites permisibles de descarga de acuerdo a la norma y el más contaminado no. Al efluente crítico se lo trató con un método electroquímico de oxidación más avanzado, electrofenton mediante dos tipos: 1) con dosificación de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), 2) con dosificación de sales hierro y una modificación del pH entre 2-3 para los dos casos, obteniendo los mejores resultados a 150 ppm y 50 ppm respectivamente. Concluyéndose que, a partir

de los datos obtenidos los procesos electroquímicos de electrocoagulación y electrofenton, son aplicables para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil, logrando valores permisibles de descarga de acuerdo a la norma y obteniendo porcentajes de remoción de DQO: 86 % aplicando electrocoagulación, 99% aplicando electrofenton con dosificación de  $H_2O_2$  y de 93% con dosificación de sales de hierro. Este trabajo se relaciona con la investigación en curso, ya que propone un material que permite tratar las aguas residuales del rubro textil mediante procesos electroquímicos de electrocoagulación y electrofenton, por lo cual hace uso de una estructura de trabajo en base a un enfoque observacional y experimental fueron los que prevalecieron contribuyendo a si mismo al conocimiento de los procesos siendo así una experiencia útil.

Martínez, F. (2008). Con el tema Tratamiento de aguas residuales industriales mediante electrocoagulación y coagulación convencional con la metodología de investigación experimental propuso como objetivo La aplicación del proceso de electrocoagulación en el tratamiento de aguas contaminadas dice que se considera necesario realizar previamente una breve descripción, del proceso de electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales (...) Un proceso de electrocoagulación, se compone básicamente de un deposito, en el que se sumergen los dos electrodos ( el ánodo o electrodo de trabajo, y el cátodo o electrodo inerte), y de una fuente de alimentación a la que se conectan los electrodos. Al establecerse una diferencia de un potencial entre los dos electrodos de la celda, comienzan los procesos de reducción en el cátodo (generalmente conversión de los protones del agua en hidrogeno). Estudio el proceso de electrocoagulación para el tratamiento de residuos consistentes en emulsiones de aceite en agua fueron un éxito en el proyecto ya que el pH se encuentra fuera del intervalo.

Restrepo, A., Arango, A. & Garcés, gL. (2006). Con el tema La electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas. Producción + limpia. Se ha aplicado la electrocoagulación para la remoción de diversas aguas residuales. En muchos casos se hace una combinación de la técnica con flotación promovida por electrolisis. Cuyo fin es aumentar la



eficiencia de remoción del contaminante. Esto se realiza en la misma celda o en celdas consecutivas.

La electrocoagulación también ha sido utilizada en el tratamiento de las aguas residuales de la industria alimentaria, estas aguas se caracterizan por tener altos contenidos de DBO Y DQO, además altos porcentajes de grasas.

Jaramillo, E. (2012). Con el tema diseño y construcción de un reactor de electrocoagulación para el estudio de tratamiento de agua residual de tintura textil y acabado textil con la metodología experimental. El agua es un recurso natural indispensable para la mayoría de actividades que desarrolla el ser humano. La contaminación del medio ambiente es provocada por una pujante actividad industrial y comercial, existe un déficit que es muy difícil eliminar en corto plazo(...) La coagulación se produce al interior del reactor de electrocoagulación con la desestabilización y coagulación simultanea de los coloides, producto de la aplicación de una diferencia potencial, a través de electrodos (cátodo/ánodo) de hierro sumergidos en un electrolito y conectados en una fuente de poder, el que unirá por enlaces iónicos a los coloides cargados opuestamente. La electrocoagulación es una alternativa recomendable ya que el reactor ocuparía muy poco espacio, comparado con un sistema químico de coagulación.

Rodríguez, J. (2014). Con el tema evaluación de reactores de electrocoagulación para el tratamiento de agua de purga de torres de enfriamiento con la metodología experimental, el objetivo fue diseñar y evaluar a escala laboratorio de un dispositivo experimental basado en el proceso de coagulación utilizando electrodos de aluminio.

Según Lavorente, M. Álvarez, H. En el año 2011 que la electrocoagulación se ha definido como uno de los temas más eficientes para el tratamiento de efluentes industriales. El método se ha potenciado por la eliminación de contaminantes que reaccionan electroquímicamente sobre los electrodos. Para el tratamiento de efluente industrial textil se empleó modular para depuración de aguas industriales a escala piloto para el tratamiento de efluentes.

Según Betancourt, E. Domínguez, S. en el año 2013 que la electrocoagulación es un mecanismo para el tratamiento de agua residual, se analizó las

características generales, ventajas, desventajas y los parámetros de operaciones. La mayoría de las industrias depositan los desechos en ríos, lagos, canales y otros, contaminando el agua para consumo humano, de allí nace la necesidad de ser tratadas las aguas contaminadas antes de desecharlas con métodos eficientes y adecuados.

La electrocoagulación, aunque no es una tecnología nueva, ha sido poco utilizada y desarrollada, y aun así ha alcanzado un aprovechamiento comercial de gran importancia con grandes ventajas comparativas. La electrocoagulación es un proceso que aplica los principios de la coagulación – floculación en un reactor electrolítico. Esta técnica se utiliza para tratar diferentes aguas residuales de diferentes contaminantes es un proceso en el cual se desestabilizan las partículas contaminadas que se encuentran suspendidas, emulsionadas o disueltas en un medio acuoso, induciendo corriente eléctrica en el agua través de placas metálicas paralelas de diversos materiales siendo el hierro y el aluminio los más utilizados. Consiste en la separación rápida de coloides del electrodo evitando que se ensucie.

Según Irigoin, A. en el año 2015 menciona que en la actualidad el consumo humano de bebidas carbonatadas aumenta de forma creciente debido a ser una bebida suave, El agua ablandada que utiliza la empresa es para lavado de envases de plástico y vidrio en los calderos para la obtención de vapor de agua, esto evita las incrustaciones en las tuberías de las maquinas.

LINARES, Ivonne, et al. (2011) presentó la investigación “Oxidación de materia orgánica persistente en aguas residuales industriales mediante tratamientos electroquímicos”, estudio presentado para la Universidad Autónoma del Estado de México. Su objetivo fue aplicar un sistema electroquímico a partir de electrodos de diamante para tratar aguas residuales. El tipo de estudio fue el aplicativo. La muestra de estudio se delimitó en 144 empresas industriales de la zona de Toluca. Se concluyó que la aplicación del tratamiento electroquímico con DDB fue en 99% en color, 97% de turbiedad y 99% de DQO. Asimismo, se alcanzó el 99% de eficiencia en demanda química. Estos datos demostraron que el tratamiento electroquímico es un método eficiente para disminuir la presencia de materia orgánica en aguas residuales.

CONDADO, Jorge (2012) presentó el estudio “Alternativas de disposición final de lodos estabilizados de la planta de tratamiento de aguas residuales de Xalapa, Veracruz, México”. Tesis para optar el título académico de Ingeniero Civil en la Universidad Veracruzana. Su objetivo fue establecer diversas alternativas para disponer de lodos estabilizados de una planta de tratamiento de aguas residuales. La metodología empleada fue la comparativa de diseño no experimental. La muestra de estudio consistió en la comparación de datos e indicadores de aguas residuales de la planta de tratamiento de Xalapa. Se concluyó que para escoger la alternativa correcta se debe tomar en cuenta las características de lodo, el costo que generaría y como sería su disposición final.

Una de las alternativas más convenientes es el de la disposición de lodos estabilizados y generar compost, el cual ayudará a descontaminar los mantos freáticos y como abono para el enriquecimiento de los suelos.

GARCÍA, María (2016) presentó el estudio “Tratamientos de lodos residuales procedentes de aguas residuales mediante procesos electroquímicos para la disminución de la concentración de coliformes fecales y totales”. Tesis para optar el título académico de Ingeniero Ambiental en la Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Su objetivo fue aplicar tratamientos a partir de procesos electroquímicos en aguas residuales para disminuir la concentración de coliformes totales y fecales. La metodología usada fue la aplicada. La muestra de estudio correspondió a los parámetros físicos químicos. Se concluyó que al aplicar el proceso electroquímico se eliminó el 100% de coliformes totales y fecales. De igual forma se estableció que es relevante el tipo de electrodo al momento de aplicar el tratamiento, siendo el electrodo grafito es el más conveniente y efectivo.

Jugos Hit de la ciudad de Pereira”. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico en la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Su objetivo fue caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente lodos presentes en aguas residuales de una empresa industrial. La metodología utilizada fue la aplicada de diseño no experimental. Su muestra de estudio fue los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Se concluyó que la presencia de coliformes en los lodos es superior a 1000 NMP/g, el cual bajo un tratamiento adecuado puede ser utilizado como abono o para recuperación de suelos degradados. Asimismo, se estimó

que los parámetros físico-químicos de los lodos generados por la empresa se encuentran por debajo de los límites admisibles, por lo que son reusables como material de abono.

.

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Contaminación de origen industrial**

Las aguas residuales industriales se incluyen las procedentes de los vertidos originados en las etapas de producción, las procedentes de generación e intercambio de calor y cuantos otros tipos de agua se viertan desde cada instalación. La actividad industrial es quizás la más contaminante de las aguas, tanto en aspecto cualitativo como cuantitativo. (Orozco, C. Pérez, A.2013).

#### **1.3.2 Tratamiento de aguas para la industria**

En el tratamiento de aguas para la industria el agua puede ser utilizada con muy diferentes objetivos, lo que implica una unas necesidades de calidades tan diversas como los usos a que puede ser destinada en diferentes usos:

Materia prima en fabricación de productos: industria farmacéutica, de bebidas, lavado de gases, acondicionamiento de aires. Orozco, C. Pérez, A. (2013).

#### **1.3.3 Reutilización de las aguas residuales**

Los métodos del tratamiento recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), para que se cumplan los requisitos sanitarios establecidos para el aprovechamiento de las aguas residuales. Orozco, C. Pérez, A. (2013).

#### **1.3.4 Usos Industriales**

Se incluyen el proceso del agua en procesos industriales como pueden ser: lavado y transporte de materiales o el uso de aguas de refrigeración. Los problemas más importantes serán los derivados por los componentes químicos. Orozco, C. Pérez, A. (2013).

#### **1.3.5 Proceso de la electrocoagulación**

Es un proceso electroquímico que está siendo utilizada para el tratamiento de aguas industriales, en el proceso de este hay una generación de coagulantes in situ por la disolución de iones o hierro de los electrodos, se utiliza en la remoción de contaminantes de aguas residuales tales como industrias ha sido utilizada de manera efectiva para el tratamiento de aguas residuales y también para el consumo humano. Arango (2009).

Es un proceso que se utiliza electricidad para eliminar contaminantes en al agua que se encuentran suspendidos, disueltos (Arango, R. 2005).

La técnica consiste en introducir la corriente eléctrica en el agua residual a través de placas metálicas paralelas de diversos materiales, dentro de los más comunes son el hierro y en aluminio. La corriente eléctrica proporciona la fuerza electromotriz que provoca reacciones químicas que desestabilizan la forma del contaminante ya sea suspendidas o emulsificadas. (Restrepo, M. 2006).

En el proceso hay generación de coagulantes in situ por la disolución de iones de aluminio y hierro de los electrodos de aluminio. Las generaciones de iones metálicos tienen como lugar en el ánodo y en cátodo hay liberación de burbujas de hidrogeno gaseoso las cuales ayudan en la flotación de partículas floculas. (Chen 2004).

### **1.3.6 Coagulación y floculación**

El objetivo principal de la clarificación de un agua es eliminar su turbidez causada por la materia en suspensión y coloidal, se elimina parcialmente su contenido en materia orgánica del agua (Orosco, C. 2013).

Coagulación. Desestabilización por comprensión de las dobles capas eléctricas que rodean las partículas coloidales (Orozco, C. 2013).

Puede ser definida como la desestabilización de las partículas para conseguir que las fuerzas de atracción tipo Van der Waals que existen entre dos partículas predominen sobre la repulsión electrostática, de manera que las partículas se unan y den lugar a la formación de solidos de mayor tamaño. (Martínez, N. 2007).

Floculación. Formación de floculos como consecuencia de la reunión de partículas en la coagulación mediante un proceso mecano químico. Desestabilización de partículas coloidales por la adición de polímeros orgánicos y formación posterior de puentes particula-polimero- partícula. (Orozco, C. 2013).

En el proceso de electrocoagulación una nube o una manta de burbujas de gas finamente dispersas se crean con la ayuda de dos electrodos metálicos (cátodo / ánodo) Las finas partículas se adhieren a las partículas insolubles. (Kumar, S. 2011).

### **1.3.7 Demanda química del oxígeno DQO.**

Mide la cantidad de materia susceptible de oxidación química contenida en el agua, esta medida sustituye los microorganismos oxidantes por un poderoso químico como el bicromato de potasio.

### **1.3.8 Demanda biológica del oxígeno DBO.**

Este parámetro que se maneja para tener una idea de la concentración de materia orgánica biodegradable se calcula la disminución en la concentración del oxígeno disuelto del agua después de incubar una muestra durante 5 días en 20° C. La reacción se lleva a cabo a oscuras para evitar la producción de oxígeno por algas.

El DBO es un sistema cerrado tiene una fuente de carbono muy limitada se mantiene en la oscuridad en condiciones permanentes aeróbicas. Orozco, C. Pérez, A. (2013).

### **1.3.9 Temperatura**

Podríamos decir que la temperatura es una variable física que influye totalmente en la calidad del agua, este parámetro es muy importante para una serie de tratamientos químicos biológicos y una serie de análisis.

La temperatura es un parámetro muy importante dentro del estudio de diferentes tipos de aguas los más perjudicados de esta alteración de temperaturas es la vida acuática de diferentes especies marinas, debido a estas temperaturas se cambian la saturación de oxígeno disuelto y velocidad de las diferentes reacciones químicas y de las actividades bacteriales (ROMERO, 1999, p.70).

### **1.3.10 Sólidos suspendidos**

Son aquellos sólidos constituidos por sólidos sedimentables sólidos y materia orgánica en suspensión y/o coloidal. (Ocampo, M. 2013).

### **1.3.11 Turbidez**

La turbidez de agua es provocada por la materia insoluble, en suspensión o dispersión coloidal, es un fenómeno óptico que consiste, esencialmente en una

absorción de luz combinada con un proceso de difusión .la turbidez tiene como unidades o en mg de  $\text{SiO}_2/\text{l}$ .

#### **1.3.11 Electrodo**

Un conductor que emite y recoge los electrones en una célula o válvula. El ánodo es el electrodo positivo y el catodo es el electrodo negativo.

#### **1.3.12 Ánodo**

Un ion cargado negativamente. Un anión tiene más electrones que protones y se sienten atraídos por una carga positiva (Bard, O. 2008).

#### **1.3.13 Ion**

Es un átomo que he perdido electrones lo que hace que sea una carga positiva un catión y si ha ganado electrones es una carga negativa. (Press, O. 2008).

#### **1.3.14 Anión**

Un anión tiene más electrones que protones y se siente atraído por carga positiva. (Bard,O. 2008).

#### **1.3.15 Catión**

Un catión tiene menos electrones que protones y se siente atraído por una carga negativa. (Bard,O. 2008).

#### **1.3.16 Hierro**

Símbolo (Fe). Es el elemento plateado, maleable y dúctil transición (Press, 2008).

#### **1.3.17 Conductividad eléctrica**

El incremento de la conductividad eléctrica genera incremento en la densidad de la corriente. Cuando mantiene constante el voltaje alimentado.

#### **1.3.18 Potencial de Hidrogeno**

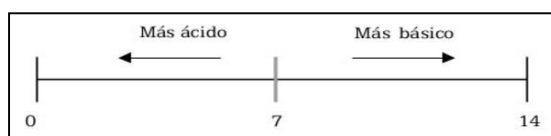
Se ha observado que el pH en diferentes investigaciones durante el proceso de la electrocoagulación, esta tiene una variación dependiente del material de los



electrodos y del pH inicial del agua a tratar. El pH durante el proceso puede incrementarse para aguas acidas. Restrepo (2006).

Es la concentración relativa de los iones del hidrogeno en el agua, que indica si actúa como un ácido débil, o si se comportara como una solución alcalina

Es la concentración relativa de los iones hidrógeno en el agua, que indica si ésta actuará como un ácido débil, o si se comportará como una solución alcalina. Es una medición valiosa para interpretar los rangos de solubilidad de los componentes químicos. Esta mide la acidez o la alcalinidad del agua. La actividad del ión hidrógeno puede afectar directa o indirectamente la actividad de otros constituyentes presentes en el agua, la medida del pH constituye un parámetro de importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales. (ROMERO, pág. 66, 1999)



**Gráfico N° 1** Escala de pH

**Fuente:** Sierra, C. Calidad de agua. Evaluación y diagnóstico, 2011, p.60.

### **1.3.19 Densidad de corriente**

Como las variables eléctricas en el proceso de electrocoagulación son los parámetros que más influyen en la remoción del contaminante de un agua residual, para algunas conductividades del medio acuoso el consumo de energía se incrementa proporcionalmente con los aumentos de conductividad.

La energía eléctrica que se suministra la celda electroquímica puede ser mediante corriente alterna o corriente directa. Las características propias del paso de las corrientes a través del medio acuoso generan diferentes respuestas electroquímicas.

### **1.3.20 Tiempo**

El tiempo de resistencia determina que mientras a mayor valor, mayor es la cantidad de solidos formados, este favorece el proceso de floculación. Se

producen gases que al ascender llevan partículas de óxido a la superficie en forma de espuma y promueve el crecimiento de floculos

#### **1.4 Formulación del problema**

Ante la problemática descrita, una solución es la electrocoagulación, que tiene muy poca aplicación en el país, tiene como ventaja no usar productos químicos, es por ello que su utilización en el tratamiento se hace necesaria e imprescindible teniendo en cuenta las realidades socio- económicas en nuestro país.

##### **1.4.1 Problema general**

¿En qué medida el uso de la electrocoagulación reducirá la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de Aguas Residuales Ajeper – Huachipa 2017 II?

##### **1.4.2 Problemas específicos**

¿Cómo influye el diseño en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de Aguas Residuales Ajeper – Huachipa 2017 II?

¿Cómo influyen las características de la operación en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ajeper – Huachipa 2017 II?

## **1.5 Justificación del estudio**

La importancia del estudio es analizar y evaluar el agua residual con el uso de la electrocoagulación y que beneficios podrá traer este a la empresa AJEPER – Huachipa ya que es importante volver a reutilizar las aguas tratadas para poder beneficiar al medio ambiente con el ahorro del agua que en estos tiempos de contaminación es muy importante preservar el recurso hídrico.

Por otro lado, el uso de la electrocoagulación beneficiará a la empresa en la reducción de costos de los tratamientos convencionales y también en la reducción del impacto ambiental.

El desarrollo de este trabajo se llevará a cabo los análisis de la caracterización del agua residual en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo, donde las muestras serán procedentes de la empresa AJEPER- Huachipa.

### **1.5.1 Justificación teórica**

La electrocoagulación es un proceso de contaminantes suspendidos es el proceso de desestabilizar los contaminantes suspendidos emulsionados y disueltos mediante la introducción de una corriente eléctrica en el medio acuoso. La electrocoagulación no solo limpia el agua rentable, sino también lo condiciona para la reutilización específica. En tiempos en que la dificultad de acceder al agua se está convirtiendo cada vez más común, esta tecnología tiene la capacidad de proporcionar un método seguro y económico para el tratamiento de aguas residuales, además el volumen de lodos producidos con el tratamiento de electrocoagulación es relativamente mucho menor que el método de precipitación química convencional y por lo tanto se considera como una opción económica y viable. (Deknomet).

### **1.5.2 Justificación metodológica**

La importancia que se da a la investigación de electrocoagulación se ve reflejada en el aumento de las publicaciones durante las últimas dos décadas, la cual se ha incrementado en altas proporciones. La electrocoagulación es un método atractivo para el tratamiento de diversos tipos de aguas residuales contaminadas, en virtud de los diversos beneficios que incluyen la disminución del impacto ambiental, versatilidad eficiencia energética y rentabilidad.

La metodología de la tesis es experimental debido a que las muestras analizar se tomarán de la empresa Ajeper y estas serán analizadas en el laboratorio viendo como solución para tratar estas aguas el uso de la electrocoagulación

### **1.5.3 Justificación tecnológica**

La tecnología de electrocoagulación fue evaluada por E.E. U.U (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) EPA. En el marco del programa de Superfund Evaluación de Tecnología Innovadora (SITE). Los sitios potenciales para la aplicación de esta tecnología que incluyen el Superfund en E.E. U.U son el departamento de energía, DOE Departamento de defensa de E.E.U.U y otros sitios de residuos peligrosos donde el agua está contaminada con radionúclidos y metales. (Wang. 2013).

El uso de una tecnología limpia implica utilizar un reactor de electrocoagulación, este equipo se puede considerar como una celda electrolítica cuyos elementos conductores de corriente o electrodos (ánodos o electrodos inertes), son sumergidos en el fluido a tratar, que contiene los metales o sustancias que van hacer retiradas y que es aprovechado como medio electrolítico. Los reactores pueden ser modo continuo o discontinuo. (Eiband M. et.2014- pág. 306).

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

El uso de la electrocoagulación influye significativamente en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper-Huachipa 2017 II

### **1.6.2 Hipótesis específicas**

El diseño influye favorablemente en la reducción de la carga de contaminantes de la planta de tratamiento de Aguas Residuales Ajeper –Huachipa 2017 II

Las características de la operación influyen favorablemente en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper – Huachipa 2017 II.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general**

Evaluar el uso de la electrocoagulación que reducirá la carga de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper – Huachipa 2017 II.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

Determinar la influencia del diseño de la electrocoagulación de la carga de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper – Huachipa, 2017 II

Determinar la influencia de las características de la operación en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper – Huachipa 2017 II.

## **II. MÉTODO**

## **2.1 Diseño de la investigación**

La metodología/ diseño de investigación es experimental es un diseño donde se podrá analizar las características de las aguas residuales, se realizarán pruebas en laboratorio y correcciones durante el proceso de análisis para su mayor efectividad.

Se identificará los contaminantes que contienen las aguas industriales, las características que presentan sus insumos que utiliza para elaborar sus productos.

Se tomará muestras de la planta de tratamiento de aguas residuales y se llevara analizar al laboratorio para identificar el grado de contaminación que tienen, las pruebas a realizar son: pH, DBO, DQO, ST. Después del tratamiento mediante la electrocoagulación en el cual se utilizará electrodos de Hierro, aluminio.

Una vez terminado el tratamiento se volverán a realizar los análisis para identificar la reducción de la contaminación, y se tomara de referencia los estándares de calidad para el agua.

En que Hernández (2014), menciona que los experimentos hacer variar o asignar distintos valores a la variables independientes, para observar si la dependiente varía o no y la relación que hay entre ellas, los cuales los procedimientos pueden ser tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones dando efecto a las variables dependientes en una situación de control (p.129).



## **2.2 Variables, operacionalización**

### **2.2.1 Variables**

#### **Variable Independiente:**

Uso de la electrocoagulación

#### **Variable Dependiente:**

Reducir la carga de contaminantes

### **2.2.2 Operacionalización de las variables**

Para analizar la variable independiente, el uso de la electrocoagulación se realizará la operacionalización se tomará en cuenta el seguimiento semanal de este análisis

Para analizar la variable dependiente, reducción de la carga de contaminantes se evaluará el diseño y las características físico químicas.

### 2.2.3 Matriz de Operacionalización de las variables Cuadro N°1

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
Variable independiente: "(X)" Uso de la electrocoagulación					
USO DE LA ELECTROCOAGULACION	Definición conceptual	Definición operacional	dimensiones	indicadores	Escala de medición
	La electrocoagulación es utilizada como la remoción de contaminantes de diversas aguas residuales entre ellas considerada las industrias. Es un proceso donde se utiliza la electricidad para eliminar contaminantes en el agua. La técnica consiste en introducir placas metálicas de diversos materiales. Arango, A. (2005).	Para el adecuado tratamiento, a partir del proceso de electrocoagulación se tendrá en cuenta el tiempo de remoción y la cantidad de intensidad de corriente esperando consigo eficiencia del proceso para ello se realizara pruebas en 3 tiempos, y así se podrá ver la eliminación de los contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales Aieper-Huachipa	Diseño	Numero de electrodos	6
				Tipo de electrodos	Hierro / aluminio
			Características de la operación	Densidad de corriente	A/ CM2
				Tiempo de resistencia	Minutos
Variable dependiente: "(Y)" – Reducir la carga de contaminantes					
REDUCIR LA CARGA DE CONTAMINANTES	Definición conceptual	Definición operacional	dimensiones	indicadores	Escala de medición
	Para minimizar el efecto medioambiental es necesario recoger y tratar adecuadamente los vertidos para reducir y tratar lo máximo posible la contaminación y sus efectos. Orosco, C (2013).	Se medirá la variable a través del análisis de parámetros físicos y químicos, tomando en cuenta equipos y métodos estandarizados. Por otro lado en cuanto al análisis de los metales se realizara a través de un laboratorio autorizado y serán comparados con los VMA	Parámetros físicos	Temperatura	°C
				Turbidez	NTU
				Solidos suspendidos totales	mg/L
			Parámetros químicos	pH	mg/L
				DBO5	
				DQO	

## **2.3 Población y muestra**

### **Población**

El ingreso del agua utilizada después del proceso de fabricación, que tiene como volumen de almacenaje 1000m<sup>3</sup> en la pta, este ingreso dependerá de las líneas de producción en funcionamiento, la planta de Huachipa cuenta con 24 líneas.

### **Muestra**

La muestra empleada es no probabilística, donde Hernández (2014), menciona que las muestras no probabilísticas son esenciales en los diseños de investigación correlacionales-causales, en que las unidades o elementos muestrales tendrán valores muy parecidos a los de la población, de manera que las mediciones en el subconjunto nos darán estimados precisos del conjunto mayor (p.177).

La muestra a analizar serán 5 litros, para la operación, el diseño y la caracterización, el muestreo se realizará cada 24 horas en dos días

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

La técnica utilizada fue la observación y la recolección de datos se elaboró una ficha de observación y control.

Así mismo se medirá el comportamiento de la variable mediante la ficha mencionada en la cual se especifica en las dimensiones e instrumento, donde para mayor confiabilidad y ser validada se tomará en cuenta a profesionales en el área.

### **2.4.1 Descripción del procedimiento**

a). Metodología de tratamiento

### **Cuadro N°2**

ETAPAS	FUENTES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
1) Recolección de muestras del agua de pozo	Área de estudio	Metodología para toma de muestras	Ficha de registro de datos de campo	Muestra de 5 litros
2) Análisis de la muestra de agua antes del tratamiento	El área de estudio.	Laboratorio acreditado para análisis	Análisis de laboratorio mediante prueba de ensayo	Evidencia de presencia de dureza en el agua
3) Tratamiento del agua con la electrocoagulación	El área de estudio	Tratamiento	Instrumentos de laboratorio	Mejoras en las condiciones fisicoquímicas del agua
4) Análisis de la muestra de agua después del tratamiento	El área de estudio.	Especialistas en el tema.	Análisis de laboratorio mediante prueba de ensayo	Disminución de contaminantes
5) Interpretación y análisis	Gabinete.	El análisis de resultados.	Ficha de Análisis de resultados.	Procesamiento de datos obtenidos

#### **b). Caracterización del agua residual de la industria de bebidas**

Se trabajó con Efluentes de la industria de bebidas Ajeper – Huachipa, recogidos antes de pasar por el tratamiento.

Ajeper: Empresa dedicada a la producción y comercialización de bebidas (gaseosas, jugos, agua mineral, cervezas).

Los análisis de los diferentes parámetros se realizaron en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo.

### c). Metodología del diseño

- **Diseño de celda**

El diseño de la celda de electrocoagulación será para analizar 5 litros de agua, el material a utilizar será acrílico transparente.

El diseño de la celda será cuadrada 30 x 30 cm donde los electrodos de aluminio y hierro estarán sumergidos y estos serán conectados a una fuente de poder. **(Ver figura N°1)**

- **Electrodos**

Los electrodos a utilizar serán el aluminio y el hierro, se decidió utilizar este por estudios anteriores que se han podido obtener buenos resultados, de tal manera que tienen costos bajos y de una manera accesible a conseguir. **(Ver figura N°2)**

Se realizará el tratamiento con las dimensiones de los electrodos serán 20 cm de largo y 10 cm de ancho y 0,4 cm de grosor con un espacio de 20mm.

Se comparará cuál es el funcionamiento de los electrodos de hierro y aluminio utilizando 6 electrodos del mismo material.

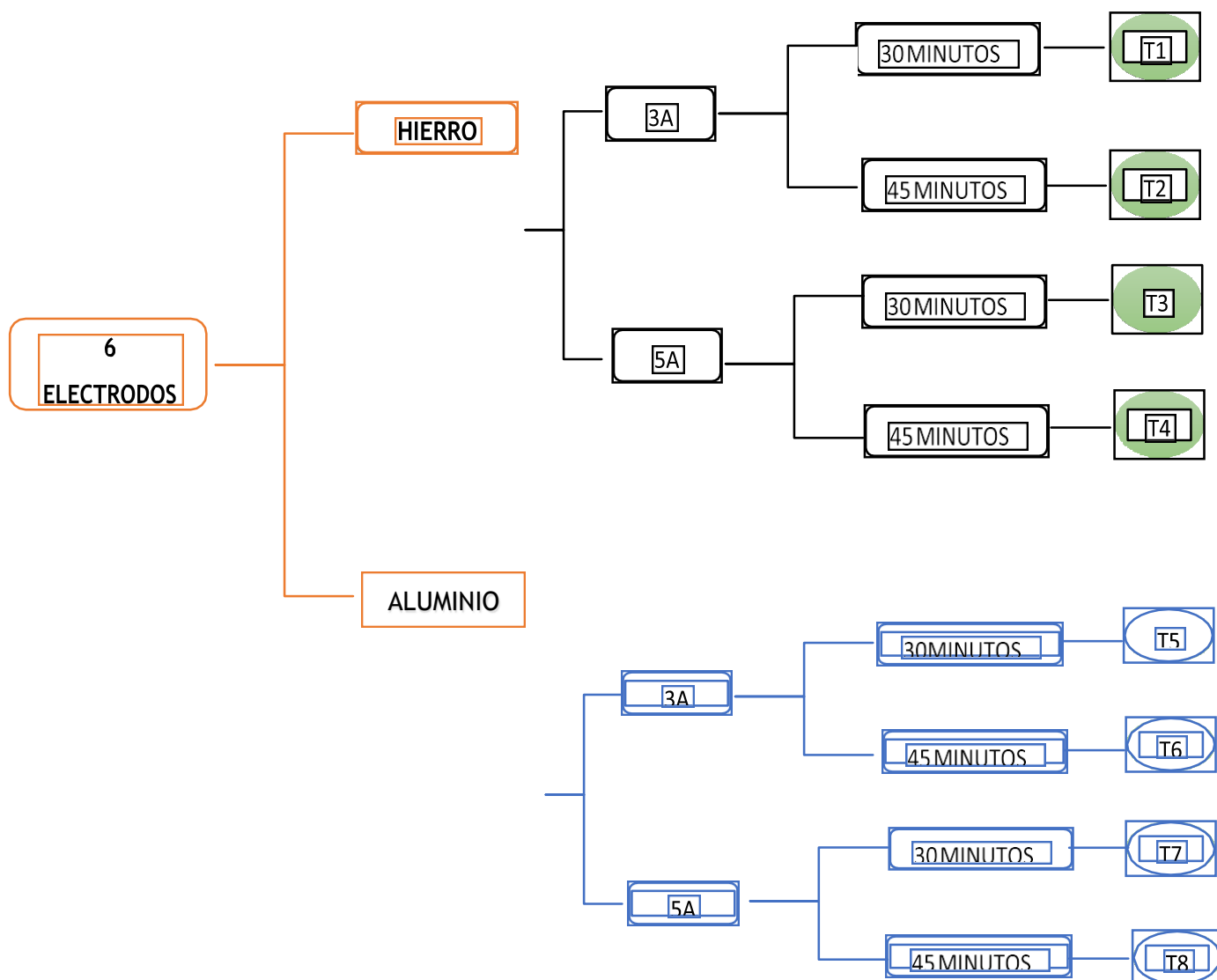
- **Fuente de energía**

La fuente de energía que se utilizará podrá regular la cantidad de corriente el cual será de 3 a 5 A/cm<sup>3</sup> **(Ver figura N°3)**

- **Tiempo de tratamiento**

El tiempo de tratamiento que se consideró fue 30 y 45 minutos en los cuales se evaluaron los parámetros físicos y químicos en el laboratorio.

### Gráfico N° 2 Distribución de Tratamientos



### c) Procedimientos de los Parámetros Físicos

- Conductividad Eléctrica
  - Se enjuaga el sensor para eliminar cualquier residuo
  - Se introduce el sensor a la muestra para obtener el dato de la conductividad, se debe agitar la muestra antes de su medición.
  - Una vez medida la conductividad se procede a medir, presionando el botón de medición.
- Solidos Suspendidos
  - Se filtra 15 ml de agua destilada en una bomba de vacío
  - Se deberá secar en la estufa a 105° C / 1 hora
  - Se seca por 10 min y se toma el peso inicial seco
  - Filtrar el volumen de la muestra homogeneizada (45ml) es la muestra después del tarado con la bomba de vacío

#### **Cálculos**

Solidos totales (mg/l) =  $A - B * 1000 / \text{Volumen de la muestra}$

#### **Donde:**

A: peso de residuo

Seco + filtro (mg)

B: tarado del filtro (mg)

### d). Procedimientos de los Parámetros Químicos

- **Potencial de Hidrogeno**
  - Calibramos el electrodo con disolución estándar de ( 7 y 9) de Ph
  - Limpiar el electrodo
  - Se procede a leer el valor de Ph cuando la lectura se estabilice
- **Demanda Biológica del Oxígeno DBO 5**
  - Se deberá analizar el agua inicial y se añadirá los siguientes reactivos:
    - ✓ 1ml/L  $\text{Cl}_3\text{Fe} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
    - ✓ 1ml/L buffer Fosfato
    - ✓ 1ml/L CaCl
    - ✓ 1ml/L  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

- La prueba del DBO5 deberá perdurar por los 5 días en la incubadora
- Llenar las botellas verificando que no se formen burbujas
- Destapar cuidadosamente el frasco del DQO
- Llevarlos a la incubadora a una temperatura de 20° C por 5 días y se realiza la medición

$$(O.D_0 - O.D_5) \text{ mg/L}$$

$$DBO5 = (O.D_0 - O.D_5) * \text{dilución}$$

- **Demanda Química del Oxígeno**

- Para la medición del DQO se separan los sólidos más finos que contiene el agua, sean sólidos en suspensión o material de la muestra inicial.
- Los tubos de cultivo son de 16\* 100 mm por lo que se añade 2.5 ml de muestra para evaluar, ya que contienen la solución de digestión y ácido sulfúrico.
- El método es eficaz para que las muestras del DQO entre 50 y 800 mg/l poder diluir el agua
- La muestra inicial de agua residual se debe tomar en relación de 1/10 tomando 2.5 ml.
- Homogeneizar el contenido antes de colocarlo al reactor debido a que la solución desprende calor
- El reactor puede llegar a 150° C por 2 horas.
- Se deja enfriar para realizar la medición en el colorímetro



## **2.5 Métodos de análisis de datos**

Para el análisis de la cantidad de contaminantes provenientes de los efluentes de la empresa Ajeper – Huachipa, se utilizará indicadores estadísticos, la herramienta que se utilizará será el programa Excel, además se realizará un análisis de prueba de hipótesis y la caracterización de los efluentes.

**Análisis Descriptivos:** Mediante la estadística descriptiva en el programa Microsoft Excel para la generación de promedios y diversos cálculos necesarios para la obtención de datos.

**Método experimental:** El método experimental se realiza mediante la observación, registro y análisis de las variables intervinientes en la investigación sobre modelos y ambientes artificialmente creados para facilitar la manipulación de las mismas.

## **2.6 Aspectos éticos**

La presente investigación del proyecto de tesis, titulado Uso de la electrocoagulación para reducir la carga de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper – Huachipa 2017 II se respetará los criterios éticos en la veracidad, autenticidad y originalidad.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1 Resultado de análisis Inicial

Los datos corresponden al análisis de muestra inicial una vez por semana del mes de abril

Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Numero de toma de muestras				Promedio sin tratamiento	Valores maximos admisibles
			1	2	3	4		
			Efluente sin tratamiento					
PARAMETROS FISICOS	Temperatura	°C	75.1	73.7	71.9	76.5	73.37	35
	Conductividad Electrica	Ms/cm	2.96	2.91	2.94	2.93	2.93	-----
	Solidos Suspendidos Totales	Mg/l	720	715	710	725	717.5	500
PARAMETROS QUIMICOS	pH	-----	4.25	4.33	4.32	4.62	4.38	6 - 9
	DBO5	Mg/l	458	432.2	490.5	477.5	464.55	500
	DQO	Mg/l	1083	1032	1236	1055	1101.5	1000

**Fuente:** elaboración propia Cuadro N°3

Se puede evidenciar que existen variaciones en las mediciones semanalmente antes del ingreso a tratamiento que tiene la planta.

### 3.2 Resultados después de los análisis

Cuadro N°4 Los resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento T1 tiempo: 30 minutos, Amperaje 3A / cm2 material 6 electrodos de hierro

Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	TRATAMIENTO T1 30 Min / 3A cm2, 6 He				Promedio con tratamiento	Promedio sin tratamiento	% de disminucion
			1	2	3	4			
			Numero de tratamiento						
PARAMETROS FISICOS	Conductividad Elctrica	mS/cm	2.68	2.67	2.67	2.69	2.67	2.93	8.87
	Solidos Suspendidos Totales	Mg/l	62	82.5	90	103.5	84.5	717.5	88.22
PARAMETROS QUIMICOS	pH	-----	10.89	9.83	10.1	9.99	10.20	4.38	
	DBO5	Mg/l	55.6	61	61	53.2	56.7	464.55	87.7
	DQO	Mg/l	457	432	423	530.5	460.62	1101.5	58.18

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 5 Los resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento T2 tiempo 45 minutos, Amperaje 3 A/ cm2 material 6 electrodos de hierro.

Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	TRATAMIENTO T2 45 Min / 3A cm2, 6 He				Promedio con tratamiento	Promedio sin tratamiento	% de disminución
			1	2	3	4			
			Numero de tratamiento						
PARAMETROS FISICOS	Conductividad Eléctrica	mS/cm	2.86	2.85	2.87	2.86	2.86	2.93	2.38
	Solidos Suspendidos Totales	Mg/l	52	70	56	62	60	717.5	91.63
PARAMETROS QUIMICOS	pH	-----	10	10.79	10.9	11	10.67	4.38	
	DBO5	Mg/l	39.8	40.2	31.3	32.6	35.97	464.55	92.25
	DQO	Mg/l	439.67	420	405.26	372	409.23	1101.5	62.64

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 6** Los resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento T3 tiempo 30 minutos Amperaje 5A / cm2 material 6 electrodos de Hierro.

Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	TRATAMIENTO T3 30 Min / 5A cm2, 6 He				Promedio con tratamiento	Promedio sin tratamiento	% de disminución
			1	2	3	4			
			Numero de tratamiento						
PARAMETROS FISICOS	Conductividad Eléctrica	mS/cm	2.82	2.82	2.82	2.81	2.81	2.93	4.09
	Solidos Suspendidos Totales	Mg/l	39	37	39	38	38.25	717.5	94.66
PARAMETROS QUIMICOS	pH	-----	10.65	10.69	10.69	10.70	10.68	4.38	
	DBO5	Mg/l	38.8	40.1	40.5	40.7	40.02	464.55	91.38
	DQO	Mg/l	150.55	156.26	141.64	146.15	148.65	1101.5	86.50

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 7** Los resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento T4 Tiempo 45 minutos Amperaje 5A / cm2 material de electrodos de Hierro

Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	TRATAMIENTO T4 45Min / 5A cm2, 6 He				Promedio con tratamiento	Promedio sin tratamiento	% de disminución
			1	2	3	4			
			Numero de tratamiento						
PARAMETROS FISICOS	Conductividad Eléctrica	mS/cm	2.69	2.69	2.69	2.68	2.68	2.93	8.53
	Solidos Suspendidos Totales	Mg/l	29	25	25	29	27	717.5	96.23
PARAMETROS QUIMICOS	pH	-----	10.74	10.6	10.69	10.6	10.65	4.38	
	DBO5	Mg/l	21.22	20.68	20.36	20.5	20.69	464.55	95.54
	DQO	Mg/l	103.85	95	110.12	109.12	104.52	1101.5	90.5

**Fuente:** Elaboración propia

**Cuadro 8** Los resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento T5 Tiempo 30 minutos Amperaje 3A / cm<sup>2</sup> material de electrodos de Aluminio.

Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	TRATAMIENTO T5 30 Min / 3A cm2, 6 Al				Promedio con tratamiento	Promedio sin tratamiento	% de disminución
			1	2	3	4			
			Numero de tratamiento						
PARAMETROS FISICOS	Conductividad Eléctrica	mS/cm	2.66	2.67	2.5	2.69	2.63	2.93	10.23
	Solidos Suspendidos Totales	Mg/l	46	43	49	46	46	717.5	93.58
PARAMETROS QUIMICOS	pH	-----	9	9.43	9	8.6	9	4.38	
	DBO5	Mg/l	31.2	30	30.1	30.3	30.4	464.55	93.45
	DQO	Mg/l	20.64	20.1	20.9	21.23	20.71	1101.5	98.11

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 9** Los resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento T6 tiempo 45 minutos Amperaje 3A / cm<sup>2</sup> material 6 electrodos de Aluminio.

Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	TRATAMIENTO T6 45 Min / 3A cm2, 6 Al				Promedio con tratamiento	Promedio sin tratamiento	% de disminución
			1	2	3	4			
			Numero de tratamiento						
PARAMETROS FISICOS	Conductividad Eléctrica	mS/cm	2.20	2.21	2.2	2.13	2.18	2.93	25.59
	Solidos Suspendidos Totales	Mg/l	38	42	45.8	49	43.7	717.5	93.90
PARAMETROS QUIMICOS	pH	-----	9	9.5	8.4	9	8.9	4.38	
	DBO5	Mg/l	24.6	24.5	24	23	24.02	464.55	94.82
	DQO	Mg/l	20.1	20	20	20	20.02	1101.5	98.18

**Cuadro 10** Los resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento T7 tiempo 30 minutos Amperaje 5A / cm<sup>2</sup> material 6 electrodos de Aluminio.

Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	TRATAMIENTO T7 30 Min / 5A cm2, 6 Al				Promedio con tratamiento	Promedio sin tratamiento	% de disminución
			1	2	3	4			
			Numero de tratamiento						
PARAMETROS FISICOS	Conductividad Eléctrica	mS/cm	1.7	2.1	2	2.1	1.97	2.93	32.76
	Solidos Suspendidos Totales	Mg/l	34	36	38	40.1	37.02	717.5	94.84
PARAMETROS QUIMICOS	pH	-----	9.1	8.4	7.4	8	8.22	4.38	
	DBO5	Mg/l	19	20	20.2	20.2	19.85	464.55	95.72
	DQO	Mg/l	18.1	14.3	12.99	11	14.09	1101.5	98.72

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 11** Los resultados de los parámetros físicos y químicos del tratamiento T7 tiempo 45 minutos Amperaje 5A / cm<sup>2</sup> material 6 electrodos de Aluminio.

Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	TRATAMIENTO T8 45 Min / 5A cm2, 6 Al				Promedio con tratamiento	Promedio sin tratamiento	% de disminución
			1	2	3	4			
			Numero de tratamiento						
PARAMETROS FISICOS	Conductividad Eléctrica	mS/cm	1.8	1.80	1.81	1.98	1.84	2.93	37.20
	Solidos Suspendidos Totales	Mg/l	24	16.5	16	19	18.87	717.5	97.37
PARAMETROS QUIMICOS	pH	-----	8	8.1	7.9	8	8	4.38	
	DBO5	Mg/l	17.4	15.9	17.45	18.4	17.28	464.55	96.29
	DQO	Mg/l	10.3	8.9	8.6	10	8.7	1101.5	99.21

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Proceso de la electrocoagulación de bebidas industriales

Se utilizó la formula

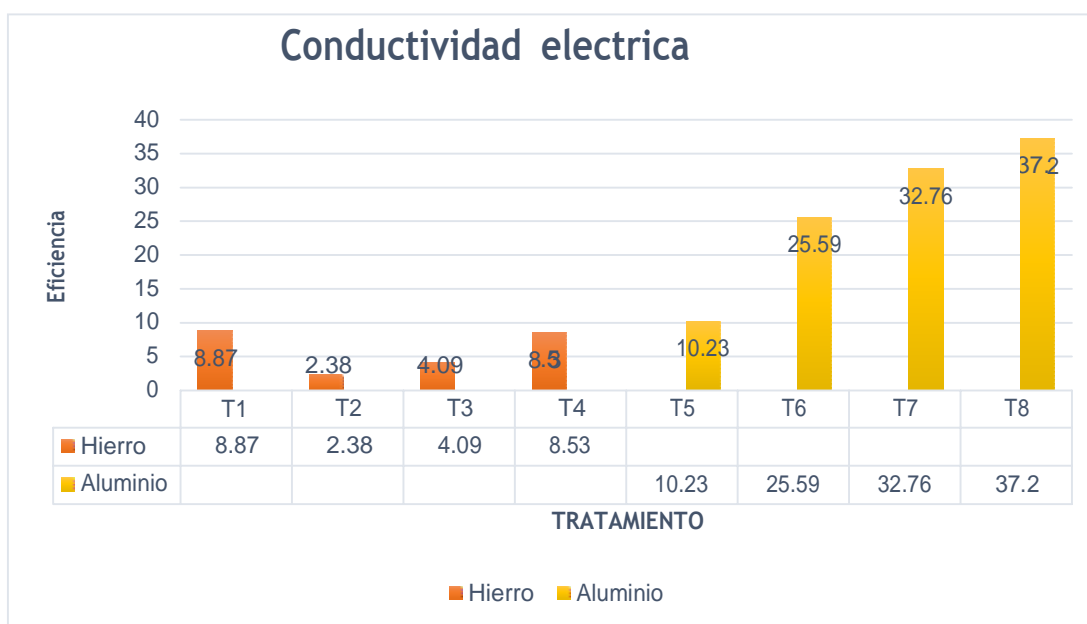
$$\text{Ef. (\%)} = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100$$

Ef.: Porcentaje de eficiencia

Ci: Concentración Inicial

Cf: Concentración Final

Grafico N° 3 **Análisis de Conductividad Eléctrica**



**Fuente:** Elaboración propia

El parámetro físico de la conductividad eléctrica disminuyó en cada uno de los tratamientos. Los cuatro análisis se realizaron con placas de Hierro T1, T2, T3, T4 y con Aluminio T5, T6, T7, T8 el tratamiento en el T8 fue el más eficiente en un tiempo de tratamiento de 45 minutos a 5 A / cm<sup>2</sup> Disminuyendo favorablemente el 37.2 %



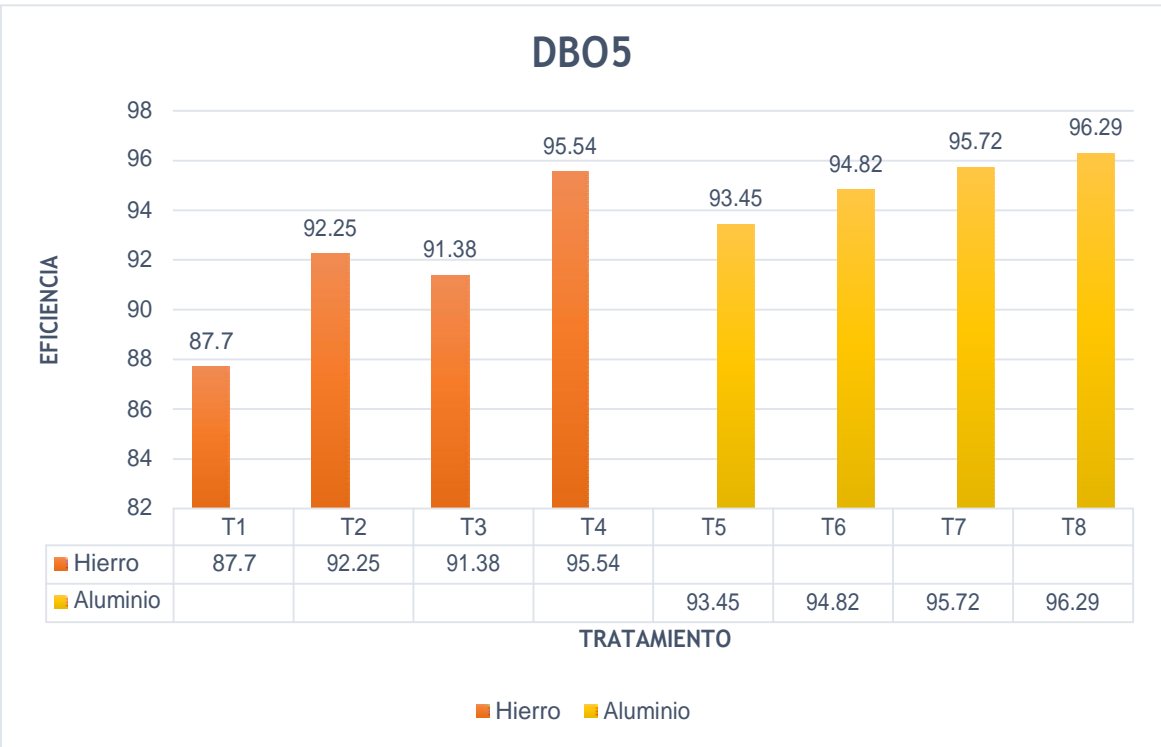
**Grafico N°4 Solidos Suspendidos Totales**



Fuente: Elaboración propia

El parámetro físico de solidos suspendidos totales disminuyo en cada uno de los tratamientos se obtuvo en 50% usando los electrodos de hierro y aluminio. Siendo el más eficiente el tratamiento 8, el resultado del tratamiento fue con un tiempo de 45 minutos de 5 A / cm<sup>2</sup> teniendo una disminución del 97.37.

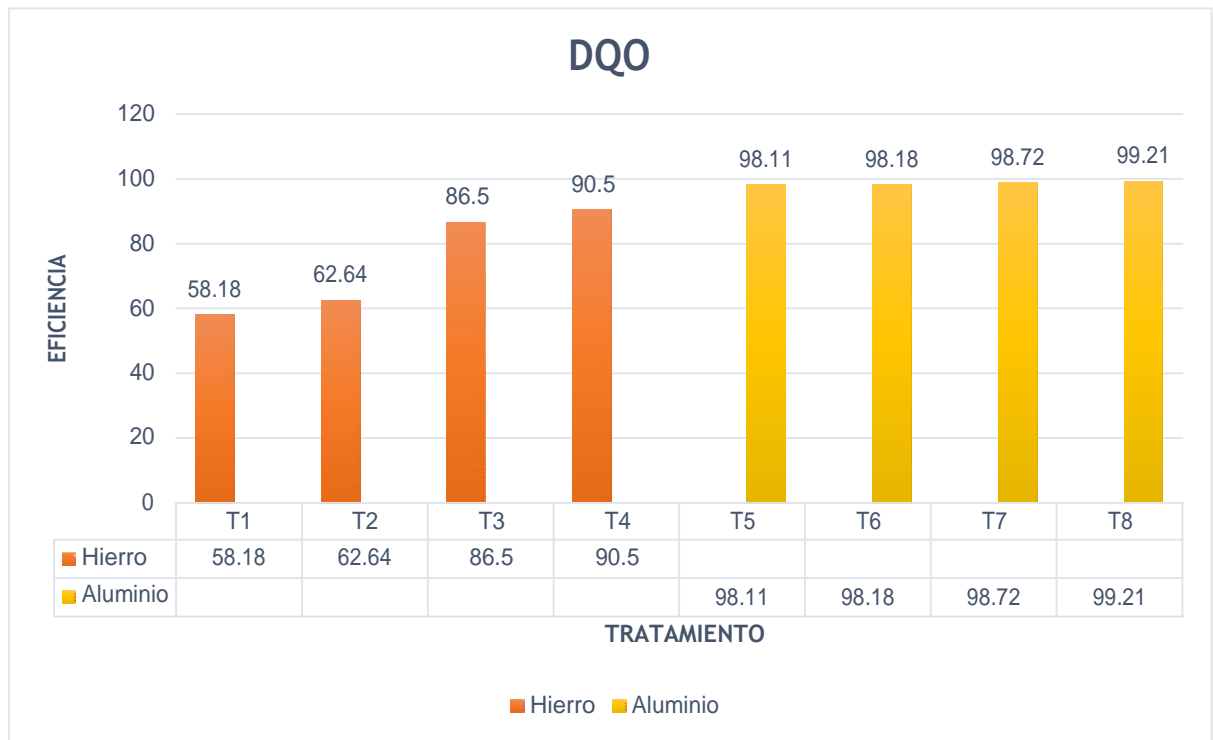
**Grafico N°5 Análisis del DBO5**



**Fuente:** Elaboración propia

El parámetro químico de DBO5 se ha obtenido un porcentaje elevado disminuyendo en el primer tratamiento con hierro en un 87.7 % en los otros tratamientos se tuvo una disminución al 90%, siendo el más eficiente el T8, de tal manera que el tratamiento fue de 45 minutos de 5 A /cm<sup>2</sup> teniendo como disminución del 96.29 %.

**Grafico N°6 Análisis del DQO**



Fuente: Elaboración propia

El parámetro químico del DQO se ha tenido una disminución con más del 50% en cada uno de los tratamientos de hierro y aluminio. Siendo el más eficiente el T8, de tal manera que el tratamiento fue de un tiempo de 45 minutos a 5A / cm<sup>2</sup> teniendo un resultado de disminución del 99.21%.

### 3.4 Análisis Estadístico

#### Prueba de ANOVA de factor

Hipótesis nula (H<sub>0</sub>): El uso de la electrocoagulación no influye significativamente en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper – Huachipa 2017 II

Hipótesis alterna (H<sub>1</sub>): El uso de la electrocoagulación influye significativamente en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper – Huachipa 2017 II

**Confiabilidad alfa:** 0.05 = 5%

El uso de la electrocoagulación influye significativamente en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper – Huachipa 2017 II.

## CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

**Cuadro N° 11** Resultados estadísticos de ANOVA en el parámetro de conductividad

Variabilidad	Libertad	Suma de cuadros	Cuadro medio	F value	Pr > F
Model	6	6233.469.86	0860.779.68	20.62	<0, 0011
Error	25	098612300	0.039.169.56		
Suma total	31	7.213594.86			

Fuente: Elaboración propia

Variabilidad de = 7.62

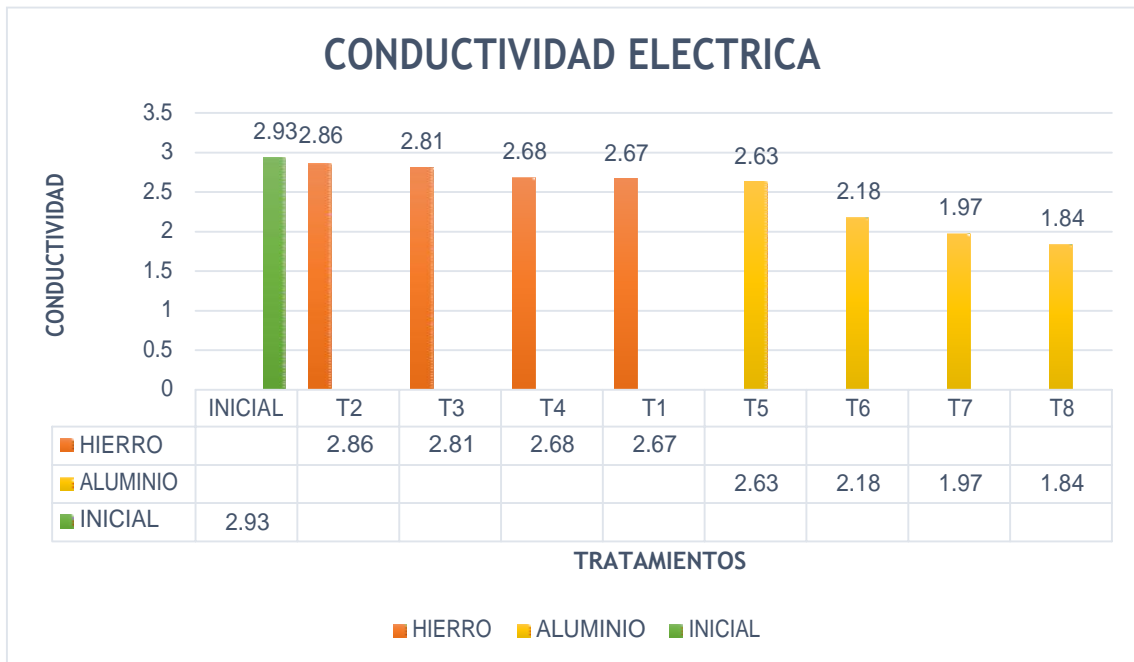
**Cuadro N° 12** Prueba de contraste de Duncan del parámetro físico de conductividad.

Grupo ducan	Promedio	N	Trat
A	2.86	4	T2
B	2.81	4	T3
B	2.68	4	T4
B	2.67	4	T1
C	2.63	4	T5
C	2.18	4	T6
D	1.97	4	T7
D	1.84	4	T8

Fuente: Elaboración propia

Después del procesamiento de la información de las muestras se tuvo el análisis de varianza de los tratamientos son significativos teniendo un  $Pr > F$  menor a 0.05 es decir se encontró variabilidad en los tratamientos. El tratamiento T8 es el que alcanza un mejor resultado con una conductividad eléctrica de 1.84 mS/cm<sup>2</sup>, siendo el tratamiento 2 el que tiene una conductividad de 2.86mS/cm<sup>2</sup> teniendo el mayor puntaje.

**Grafico N° 7 Análisis de conductividad eléctrica**



Fuente: Elaboración propia

En el grafico N° 3 podemos observar que la concentración de conductividad inicial fue de 2.93 mS/cm, después del tratamiento se obtuvo una disminución en el T8 siendo el tiempo de 45 minutos de tratamiento a 5 A / cm<sup>2</sup> teniendo un promedio de 1.84 mS/cm.

## STT

**Cuadro N° 12** Resultados Estadísticos de ANOVA para el parámetro físico de STT.

Variabilidad	Libertad	Suma de cuadros	Cuadro medio	F value	Pr > F
Model	6	10 300.5	1374	22.68	<0, 0011
Error	25	1255	60.05		
Suma total	31	11620			

Fuente elaboración propia

**Coefficiente de variabilidad = 16.38**

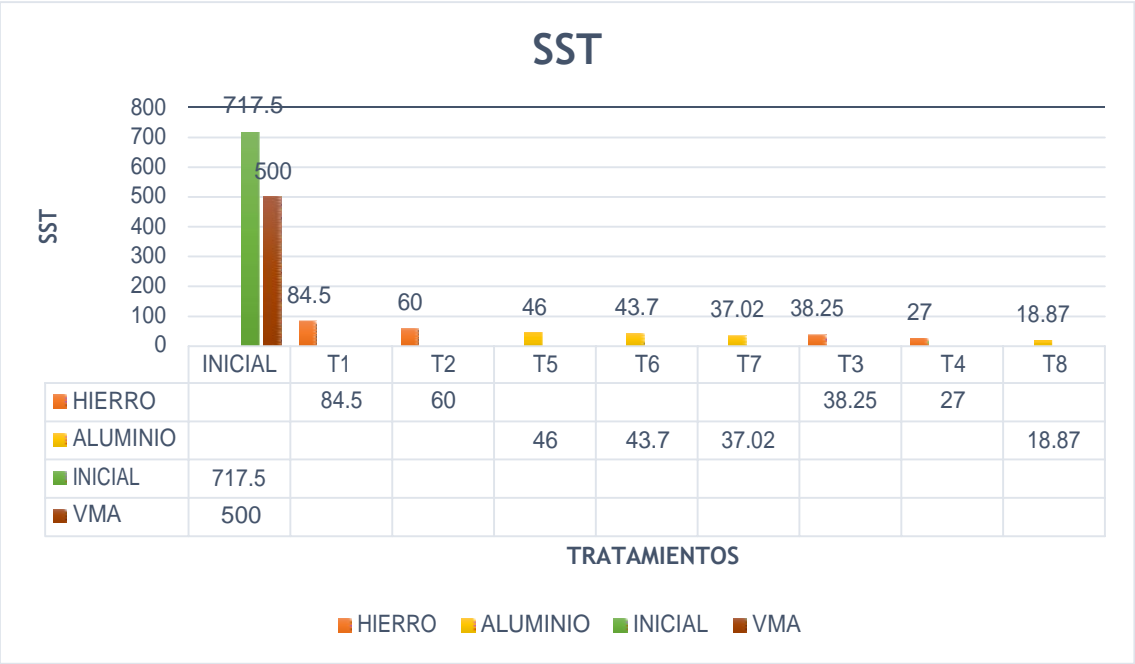
**Cuadro N° 13** Prueba de Duncan del parámetro físico SST

Grupo ducan	Promedio	N	Trat
A	84.5	4	T1
B	60	4	T2
C B	46	4	T5
C	43.7	4	T6
CD	38.25	4	T3
CD	37.02	4	T7
E D	27	4	T4
D	18.87	4	T8

**Fuente:** Elaboración propia

Luego de procesar los datos en el análisis de varianza con los tratamientos significativos se sometió a la prueba de Duncan se encontró diferencias donde se tiene como un valor alto en el tratamiento 1 donde el resultado fue 84. 5 mg/ l conteniendo mayor cantidad de solidos suspendidos totales, en el tratamiento numero 8 podemos observar diferencias significativas donde los sólidos suspendidos totales disminuyen y se tiene como resultado de 18. 87 mg/l.

**Grafico N° 8 Análisis del SST**



**Fuente:** Elaboración propia

En el grafico N° 5 observamos que las concentraciones de los sólidos suspendidos totales de la muestra inicial fue de 717.5 mg/l. pasando valores máximos admisibles, luego de los diferentes tratamientos se obtuvo como resultado que el T8 es efectivo para disminuir en un tiempo de 45 minutos con tratamiento del electrodo de aluminio con una corriente de 5 A / cm<sup>2</sup> tenido un resultado de 18.87.

## pH

**Cuadro N° 14** Resultados Estadísticos de ANOVA para el parámetro químico del potencial del hidrogeno

Variabilidad	Libertad	Suma de cuadros	Cuadro medio	F value	Pr > F
Model	6	30813.4	4014.2	42.05	<0, 0011
Error	25	2261.4	0.100.5		
Suma total	31	33074.8			

Fuente elaboración propia

**Coeficiente de variabilidad = 3.23**

**Cuadro N° 13** Prueba de Ducan del parámetro físico pH

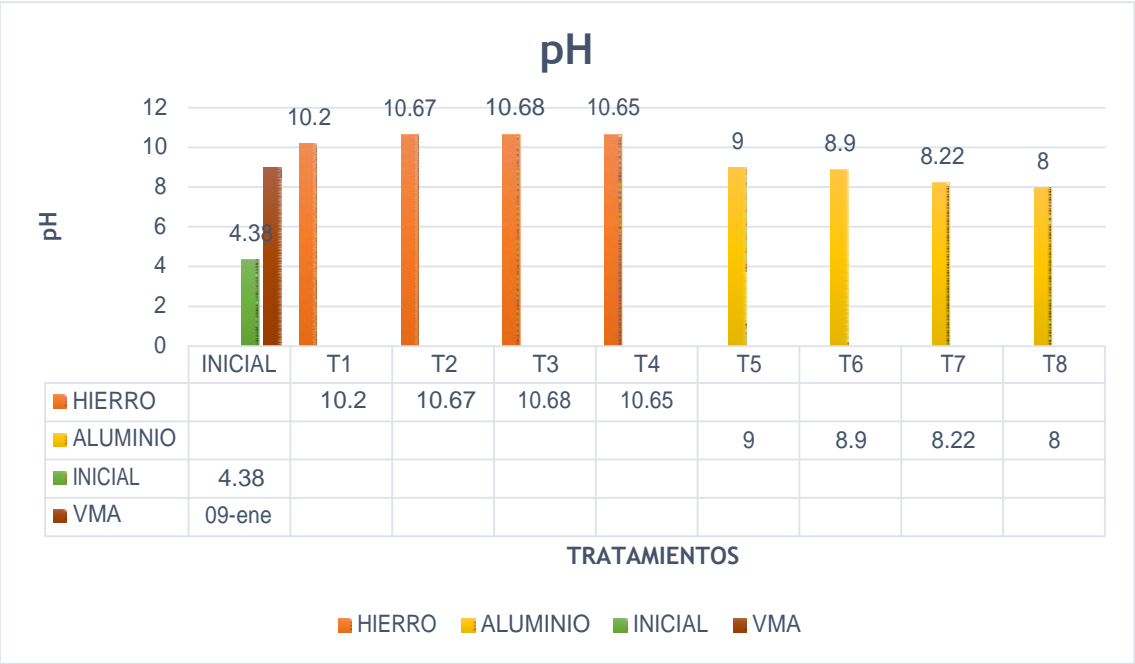
Grupo ducan	Promedio	N	Trat
A	10.68	4	T3
B	10.67	4	T2
C B	10.65	4	T4
C	10.20	4	T1
CD	9	4	T5
CD	8.9	4	T6
E D	8.2	4	T7
D	8	4	T8

**Fuente:** Elaboración propia

Luego de procesar los datos en el análisis de varianza con los tratamientos significativos se sometió a la prueba de Ducan se encontró diferencias donde se tiene como un valor alto en el tratamiento 3 donde el resultado fue 10.68 pH conteniendo mayor cantidad de solidos suspendidos totales, en el tratamiento numero 8 podemos observar diferencias significativas donde los sólidos suspendidos totales disminuyen y se tiene como resultado de 8 pH.



Grafico N° 9 Análisis del pH



**Fuente:** Elaboración propia

En el grafico N° 5 observamos que la muestra inicial fue de 4.38 resultado un pH medio acido en los diferentes tratamiento con hierro podemos observar variaciones siendo su tratamiento con hierro, sobrepasando los valores máximos permisibles, los valores fueron disminuyendo con el tratamiento del electrodo de aluminio el que alcanzo mejor resultado fue el T8 teniendo un resultado dentro de los valores máximos admisibles teniendo un pH de 8 en 45 minutos con 5 A / cm2.

## DBO5

**Cuadro N° 15** Resultados Estadísticos de ANOVA para el parámetro químico de DBO5

Variabilidad	Libertad	Suma de cuadros	Cuadro medio	F value	Pr > F
Model	6	3 939,566 5	562,795 2	172,90	<0, 0011
Error	25	78,121 4	3,255 0		
Suma total	31	4 017,68			

Fuente elaboración propia

**Coefficiente de variabilidad = 5.80**

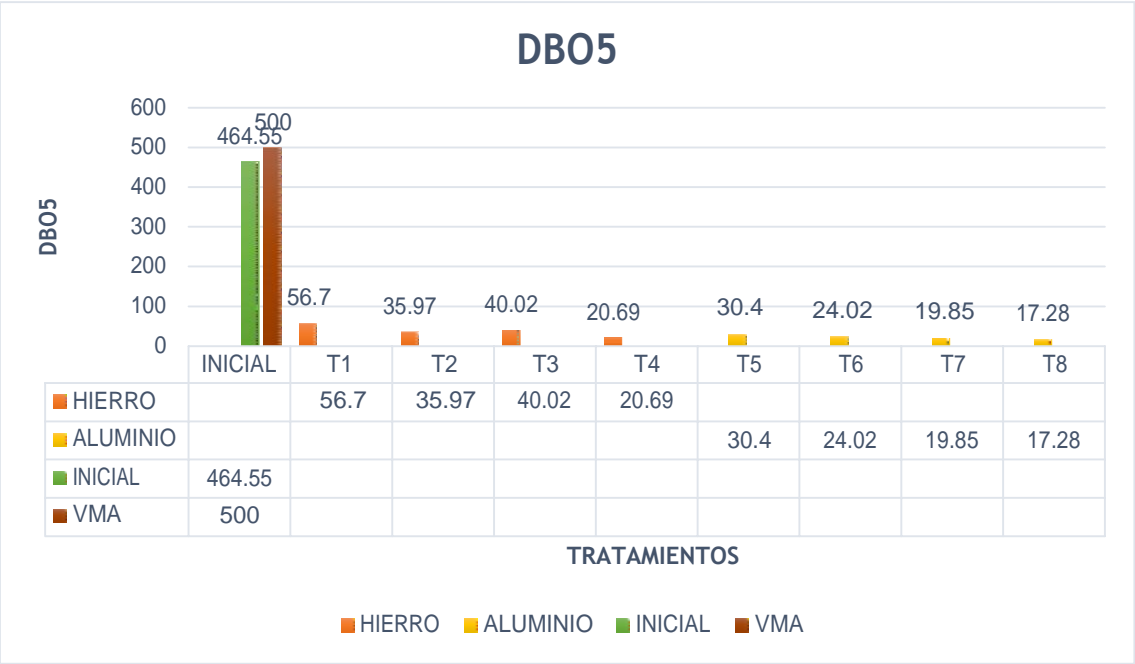
**Cuadro N° 13** Prueba de Duncan del parámetro químico de DBO5

Grupo ducan	Promedio	N	Trat
A	56.7	4	T1
B	40.02	4	T3
C B	35.97	4	T2
C	20.69	4	T4
CD	30.4	4	T5
CD	24.02	4	T6
E D	19.85	4	T7
D	17.28	4	T8

**Fuente:** Elaboración propia

Luego de procesar los datos en el análisis de varianza con los tratamientos significativos se sometió a la prueba de Duncan se encontró diferencias donde se tiene como un valor alto en el tratamiento 1 donde el resultado fue 56.7 mg/l con mayor cantidad de DBO5. Mientras que el que obtuvo menor cantidad fue el tratamiento 8 donde tiene 17.28 mg/l lo cual significa la disminución del DBO5.

**Grafico N° 10 Análisis del DQO**



**Fuente:** Elaboración propia

En el grafico N° 5 observamos que la concentración de DBO5 de la muestra inicial fue de 464.55 mg/l, considerando este parámetro dentro de los valores máximos admisibles, en los el tratamiento 1 se obtuvo como resultado 56.7 teniendo un tratamiento de 30 minutos con 3 A /cm2 se obtuvo una disminucion significativa en el tratamiento 8 teniendo un resultado dentro de los valores máximos admisibles en 45 minutos con 5 A / cm2. Con un promedio de 17.28 mg/l.

## DQO

**Cuadro N° 15** Resultados Estadísticos de ANOVA para el parámetro químico de DQO

Variabilidad	Libertad	Suma de cuadros	Cuadro medio	F value	Pr > F
Model	6	949 308,791 7	135 615,541 7	296,47	<0, 0011
Error	25	10 978,390 3	457,432 9		
Suma total	31	960 287,182 0			

Fuente elaboración propia

**Coefficiente de variabilidad = 14.36**

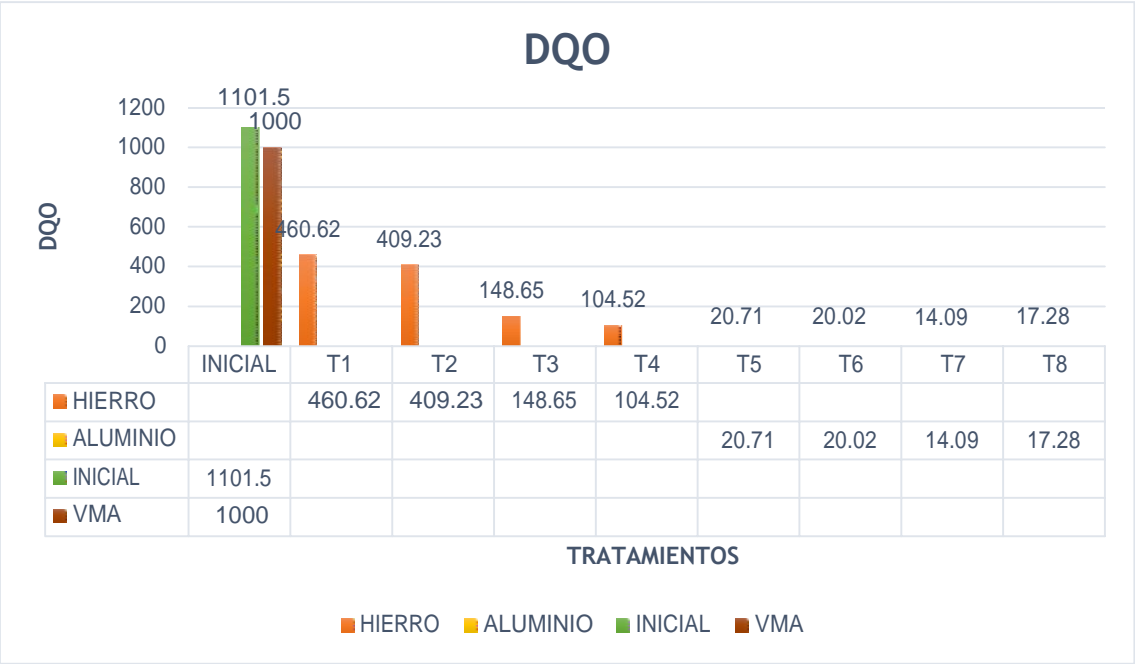
**Cuadro N° 16** Prueba de Duncan del parámetro químico de DQO

Grupo ducan	Promedio	N	Trat
A	460.62	4	T1
B	409.23	4	T2
C B	148.65	4	T3
C	104.52	4	T4
CD	20.71	4	T5
CD	20.02	4	T6
E	14.09	4	T7
E	8.7	4	T8

**Fuente:** Elaboración propia

Después de procesar la información de las muestras en el análisis de varianza se obtuvo que los análisis son altamente significativos que al someterse a la prueba de ducan se encontró las diferencias, donde el tratamiento 1 tiene como resultado 460.62 mg/l, siendo el más significativo en la disminución del parámetro en 45 minutos teniendo como resultado 8.7 mg/l, disminuyendo la cantidad de DQO

**Grafico N° 11 Análisis del DQO**



**Fuente:** Elaboración propia

En el grafico N° 5 observamos que la concentración de DQO inicial es de 1101.5 mg/l considerando un parámetro que sobrepasa del VMA, en el tratamiento 1 con un tiempo de 30 minutos 3 A /cm<sup>2</sup> con el electrodo de Hierro se obtuvo un resultado de 460.62 mg/l, se obtuvo una disminución significativa en el tratamiento 8 teniendo un resultado dentro de los valores máximos admisibles en 45 minutos con 5 A / cm<sup>2</sup>. Con un promedio de 8.7 mg/l.

## **IV. DISCUSIÓN**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la relación de hipótesis planteada el uso de la electrocoagulación influye significativamente en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper- Huachipa 2017 II.

- En la investigación se realizó análisis a los parámetros que son significativos comparando con los resultados finales, en el tratamiento 8 con las placas de aluminio fue favorablemente ante los demás tratamientos teniendo como resultado una conductividad de 1,84 mS/cm por lo tanto el parámetro no tiene mucha variación con la caracterización inicial del efluente, los sólidos suspendidos totales fue de 18.7 mg/L a su vez se obtuvo un DBO5 de 17.28 mg/L y un DQO de 8.7 mg/L, lo cual podemos observar que disminuyó notablemente de la muestra inicial del efluente. **Comparando**

LINARES, Ivonne, et al. (2011) presentó la investigación “Oxidación de materia orgánica persistente en aguas residuales industriales mediante tratamientos electroquímicos”, estudio presentado para la Universidad Autónoma del Estado de México. Su objetivo fue aplicar un sistema electroquímico a partir de electrodos de diamante para tratar aguas residuales. El tipo de estudio fue el aplicativo. La muestra de estudio se delimitó en 144 empresas industriales de la zona de Toluca. Se concluyó que la aplicación del tratamiento electroquímico con DDB fue en 99% en color, 97% de turbiedad y 99% de DQO. Asimismo, se alcanzó el 99% de eficiencia en demanda química. Estos datos demostraron que el tratamiento electroquímico es un método eficiente para disminuir la presencia de materia orgánica en aguas residuales.

De la Hipótesis planteada, el diseño influye favorablemente en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper – Huachipa 2017 II.

- Revisando los resultados finales de la investigación se obtuvo un mejor tratamiento utilizando las placas de Aluminio, debido a que se tiene mejor resultado en la reducción de la conductividad eléctrica, el SST, DBO5 y el DQO. **Comparando**

Quispe, K. (2015). Con el tema de tesis Electrocoagulación en la remoción de mercurio de aguas residuales en el centro poblado la Rinconada –Puno realizado en la Universidad Nacional del Altiplano en su estudio la metodología de investigación es experimental, propuso como objetivo evaluar le electrocoagulación para la remoción mercurio de las aguas residuales procedentes del centro poblado La Rinconada (...) Los experimentos se llevaron a cabo en una celda con configuración monopolar, empleando electrodos de aluminio. Para la construcción de la celda de electrocoagulación. Los resultados fueron adecuados para el desarrollo de la tesis experimental dio como recomendación evaluar el efecto de variables como el Ph, temperatura y tensión en la remoción de metales pesados.

De la hipótesis planteada, las características de la operación influyen favorablemente en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper- Huachipa 2017 II

- Revisando los resultados finales de la investigación se obtuvo un mejor tratamiento en un tiempo de 45 minutos con una densidad de corriente de 5 A / cm<sup>2</sup>, debido a que se tiene un mejor resultado de reducción en cuanto a los resultados del DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, comparando con los VMA. **Comparando**

Pérez, G. (2015) quien realizo el trabajo *“Tratamiento De Aguas Residuales De La Industria Textil Mediante Procesos Electroquímicos”* el cual fue sustentado en la Universidad Central Del Ecuador- Facultad de Ingeniería Química, se planteó el siguiente objetivo general tratamiento de aguas residuales textiles mediante procesos electroquímicos de electrocoagulación y electrofenton. Este trabajo busca tratar las aguas residuales procedentes del área de lavandería y tinturado. Con el fin de tener un estudio de procesos electroquímicos: electrocoagulación y electrofenton, como alternativas para el tratamiento de aguas residuales de una industria textil mediante el control de los parámetros: demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos, turbidez, color, pH y hierro, para el cumplimiento



de la norma vigente. Así mismo, se busca contribuir con los procesos electroquímicos el tratamiento de las aguas residuales la cual ofrece una alternativa eficiente, con ventajas económicas y ambientales sobre los métodos convencionales; se dan al inducir corriente eléctrica en el agua a través de placas metálicas formando productos coagulantes y especies radicales transitorias insitu con un gran poder oxidante; que desestabilizan las partículas contaminantes presentes. En cuanto a la metodología este trabajo de investigación se enfoca en los procesos electroquímicos de: electrocoagulación y electrofenton como tratamientos de aguas residuales de la industria textil. para ello se sometió el efluente a electrocoagulación y trabajando con variaciones de pH ( 5 y 8 ), potencial ( 9, 13 y 15 V ), densidad de corriente ( 50, 84, 160 y 180 A/m<sup>2</sup> ) y tiempo ( 5, 15, 20 y 30 min );

## **V. CONCLUSIONES**

Las conclusiones fueron las siguientes

- El uso de la electrocoagulación disminuyó los contaminantes físicos y químicos del efluente industrial de bebidas, disminuyendo con casi el 90% con comparación a sus medidas iniciales, logrando que el agua tratada se encuentre por debajo de los valores máximos admisibles.
- Para el diseño de la celda de electrocoagulación se utilizó dos tipos de electrodos hierro y aluminio determinando la disminución de la carga de contaminantes. El uso del hierro tiene un color medio verdoso oscuro, mientras el aluminio es muy eficaz, disminuyendo los parámetros de SST, DQO.
- En cuanto a las características de la operación. Se evaluó dos tiempos de 30 minutos y de 45 minutos teniendo una densidad de corriente de 3 A / cm<sup>2</sup> y 5 A / cm<sup>2</sup>, de tal manera que los electrodos fueron el hierro y el aluminio. Siendo favorable en la disminución de los parámetros en el DBO<sub>5</sub> 96.29% y un DQO de 99.21 % y el parámetro físico de SST fue 8 mg/L, Resultando que los parámetros se encuentran dentro de los Valores máximos admisibles y están relacionados al tiempo y a la densidad de corriente

## **VI. RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones para futuras investigaciones son las siguientes:

- Se debe considerar una análisis de metales de la caracterización de las aguas industriales y un monitoreo ambiental de parte de la empresa
- Se recomienda utilizar otros tiempos para poder verificar la diferencia de amperajes para encontrar una variación de los parámetros
- Se recomienda poder utilizar otro tipo de fuente de energía, ya sea una energía limpia por ejemplo la luz solar
- Analizar la utilización de electrodos grafitos
- Se recomienda analizar parámetros biológicos por la cantidad de lodos
- Se recomienda utilizar el uso del electrocoagulación porque ayuda a la disfunción de los tratamientos convencionales y la reducción de costos

## **VII. REFERENCIAS**

- Cherian, S., Oliveira, M. 2005. Transgenic plants in phytoremediation: recent advances and new possibilities. *Environmental Science & Technology*. 39: 9377-9390.
- Li, M. S., Luo, Y. P., Su, Z. Y. 2007. Heavy metal concentrations in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China. *Environmental Pollution*. 147: 168-175.
- Mendez, M. O., Maier, R. M. 2008. Phytostabilization of Mine Tailings in Arid and Semiarid Environments-An Emerging Remediation Technology. *Environ Health Perspect*. 116: 278-283.
- Wu, G., Kang, H., Zhang, X., Shao, H., Chu, L., Ruan, C., 2010. A critical review on the bio- removal of hazardous heavy metals from contaminated soils: issues, progress, eco-environmental concerns and opportunities. *J. Hazard. Mater*. 174, 1–8.
- Singh, S., 2012. Phytoremediation: a sustainable alternative for environmental challenges. *Int. J. Gr. Herb. Chem*. 1, 133–139.
- Prasad, M. N. V., Freitas, H. M. O. 2003. Metal hyperaccumulation in plants- biodiversity prospecting for phytoremediation technology. *Journal of Molecular Biology & Genetics*. 6: 276- 312.
- Burken, J. G., Ma, X. 2006. Phytoremediation of volatile organic compounds. En: *Phytoremediation Rhizoremediation*. Springer Netherlands (ed). ISBN 978-1-4020-4952-1. 199- 216.
- Padmavathiamma, P. K., Li, L. Y. 2007. Phytoremediation Technology: Hyper-accumulation Metals in Plants. *Water, Air, & Soil Pollution*. 105-126.

- AGUILAR, Edwar. Evaluación de la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de agua. Tesis para optar el grado de magister en ciencias ambientales. Perú: Universidad nacional mayor de san marcos, 2015.
- ARANGO, Alvarado y GARCES, Luis. Diseño de una celda de electrocoagulación. Revista universitaria eafit, 43 (147):56-67p. setiembre 2007. ISSN: 0120 – 341X
- Corporación financiera internacional. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad [en línea]. 1-116p, Abril 2007 -[fecha de consulta: 26 junio 2017] Disponible en:  
<http://www.mecaep.edu.uy/pdf/Novedades2016/MGAS/ANEXO%206%200G%20uias%20sobre%20Medio%20Ambiente,%20Salud%20y%20Seguridad%20Ocupacional%20de%20la%20Corporaci%C3%B3n%20Internacional%20de%20Fomento,%20Grupo%20Banco%20Mundial.pdf>
- Decreto supremo.N°003 – 2009- vivienda. El peruano,perú,22 de mayo de 2011.p.443045443053\_  
[http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS\\_2011\\_003.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS_2011_003.pdf)
- HERNÁNDEZ, S. metodología de la investigación. quinta edición, México, 2010, p. 613.
  - ISBN: 978-607-15-0291-9
- HENK A. Ética ambiental y políticas internacionales. Francia: Ediciones UNESCO, 2010, p.231.
  - ISBN 978-92-3-304039-7
- MALDONADO, Andrea. y MOLINA, Renato. Estudio Para la Reducción de Colorantes de las Aguas Residuales de la Industria Textil a Través de Procesos Electroquímicos. Tesis para optar al título de ingeniero ambiental. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2011.
- OÑA, Byron. y FALCONÍ, David. Tratamiento avanzado de aguas residuales del proceso de lavado y tinturado de jeans en la empresa “mundo color” mediante electrocoagulación. Tesis para optar al título de



ingeniero industrial. Ecuador: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo  
Riobamba Ecuador, 2013.

- OROSCO, Carmen. Contaminación ambiental. Una visión desde la química. España: editorial Thomson, 2008, p.661.
  - ISBN: 978-84-9732-178-5.
- PEREZ, Grabiela. Tratamiento De Aguas Residuales De La Industria Textil Mediante Procesos Electroquímicos. Tesis para optar al título de ingeniera química. Ecuador: Universidad Central Del Ecuador, 2015.
- POLLI, Lirio. Tratamiento de efluentes, proceso de barros activados. Mundo Textil. [en línea]. Perú, (137): p.18-19, Octubre 2015 -[fecha de consulta: 18mayo 2017].

Disponible

en:

[https://issuu.com/revistamundotextil/docs/mundo\\_textil\\_137\\_pdf\\_w eb\\_baja](https://issuu.com/revistamundotextil/docs/mundo_textil_137_pdf_w eb_baja)

- MORALES, Nelly. [et al.]. Sistema de electrocoagulación como tratamiento de aguas residuales galvánicas. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 20(1): p.33-44. Junio 2010.
  - ISSN: 0124-8170
- NAVA, Gianangelo y PEREZ José. Efluentes industriales en el sector textil. Mundo Textil. Perú, (121): p.42 – 47, Febrero 2013.
- NAVA, Gianangelo. Efluentes textiles y su efecto con las normativas del agua. Textiles Peruanos. [en línea]. Perú, (11): p.10-12, Agosto 2013[fecha de consulta: 18mayo 2017].

○ Disponible

en:

[https://issuu.com/trattoriadonvito/docs/textiles\\_edic\\_11\\_final](https://issuu.com/trattoriadonvito/docs/textiles_edic_11_final)

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Matriz de consistencia

Tabla 1

Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis General	Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición				
¿En qué medida el uso de la electrocoagulación reducirá la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de Aguas Residuales Ajeper – Huachipa 2017 II?	Evaluar el uso de la electrocoagulación que reducirá la carga de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper – Huachipa 2017 II.	El uso de la electrocoagulación influye significativamente en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper- Huachipa 2017 II	Uso de la electrocoagulación	La electrocoagulación es utilizada como la remoción de contaminantes de diversas aguas residuales entre ellas consideradas las industriales. Es un proceso donde se utiliza la electricidad para eliminar contaminantes en el agua. La técnica consiste en introducir placas metálicas de diversos materiales. Arango, A. (2006).	Para el adecuado tratamiento, a partir del proceso de electrocoagulación se tendrá en cuenta el tiempo de remoción y la cantidad de intensidad de corriente esperando consigo eficiencia del proceso para ello se realizara pruebas en 2 tiempos, y así se podrá ver la eliminación de los contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper-Huachipa	Diseño	Numero de electrodos	8				
						Características de la operación	Tipo de electrodo	m2				
							Tiempo de resistencia	Min				
							Densidad de corriente Voltaje	A/m2 V				
Problema Especifico	Objetivo Especifico	Hipótesis Especifica	Reducir la carga de contaminantes	Para minimizar el efecto medioambiental es necesario recoger y tratar adecuadamente los vertidos para reducir y tratar lo máximo posible la contaminación y sus efectos. Orozco, C (2013).	Se medirá la variable a través del análisis de parámetros físicos y químicos, tomando en cuenta equipos y métodos estandarizados. Por otro lado en cuanto al análisis de los metales se realizara a través de un laboratorio autorizado y serán comparados con los VMA	Características Químicas	DBO	Mg/l				
¿Cómo influye el diseño en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de Aguas Residuales Ajeper – Huachipa 2017 II?	Determinar la influencia del diseño de la electrocoagulación de la carga de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper – Huachipa, 2017 II	El diseño influye favorablemente en la reducción de la carga de contaminantes de la planta de tratamiento de Aguas Residuales Ajeper –Huachipa 2017 II					DGO	Mg/l				
							pH	Mg/l				
¿Cómo influyen las características de la operación en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ajeper – Huachipa 2017 II?	Determinar la influencia de las características de la operación en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper – Huachipa 2017 II.	Las características de la operación influyen favorablemente en la reducción de la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper – huachipa 2017 II				Características físicas	Conductividad	Ms/g				
							38T	Mg/l				

## Anexo 2 Pemiso del lugar de proyecto

Lima, 03 de Noviembre del 2017.

**Solicitud**

Sr: Mario Ibárcena Zevallos

Gerente de SSOMA AJEPER S.A.

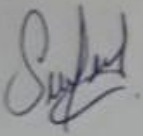
De mi consideración



Es grato saludarlo cordialmente, Yo Pérez Bendezu, Lissef Shelsy, identificada con el DNI N° 70806204, estudiante de la Universidad Cesar Vallejo de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental con el código universitario N° 6500065191; motivo por el cual me dirijo a usted con el fin de desarrollar mi proyecto de tesis titulado "El uso de la electrocoagulación para reducir la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper-Huachipa, 2017." es por ello que solicito a su persona autorice mi ingreso a la planta para poder desarrollar y obtener la información necesaria.

Es importante hacer de su conocimiento que este proyecto será realizado en el mes de noviembre del 2017 los días sábados y/o domingos hasta el 2018, durante este periodo se podrá monitorear el progreso de este estudio, solicitando el apoyo del personal encargado para que me pueda brindar la asesoría necesaria sobre el proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales, cuyo fin de este proyecto es beneficiar a la empresa.

Atentamente,

Pérez Bendezu, Lissef Shelsy.



## Anexo 2: Instrumento de recolección de datos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

#### I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg: RODRÍGUEZ MENDOZA, BAERIANO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE  
 1.3. Especialidad del validador: MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE  
 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación  
 1.5. Título de la investigación: "Corrección de pH del suelo utilizando partículas residuales de Mármol, Loreto 2017"  
 1.5. Autor del instrumento: Ramírez Avellaneda Evelyn Giovanna

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				80%	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				80%	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				80%	
4. Organización	Existe una organización lógica.				80%	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				80%	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				80%	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.				80%	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.				80%	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				80%	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				80%	
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>						



SEGUNDA VARIABLE: Reducir la carga de contaminantes

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	DBO			
	DQO			
	Ph			
	Grasas y Aceites			
	TSS			
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Turbiedad			
	Temperatura			
	Densidad			
	Salinidad			

VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %.

- ☐ El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado
- ☐ El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 22 de Noviembre del 2017

Firma del experto Informante.

DNI N° 09771112 Teléfono N° 996645900





### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

#### V. DATOS GENERALES:

- 5.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg. Delgado Arenas Antonio  
 5.2. Cargo e institución donde labora: Coordinador de Investigación  
 5.3. Especialidad del validador: Jur. Criminol.  
 5.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación  
 1.6 Título de la investigación: "Uso de la electrocoagulación para reducir la carga de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper - Huachipa II"  
 5.5. Autor del instrumento: Perez Bendezu Lisset Shetsy

#### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
11. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					90%.
12. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					90%.
13. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90%.
14. Organización	Existe una organización lógica.					90%.
15. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90%.
16. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90%.
17. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90%.
18. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					90%.
19. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90%.
20. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90%.
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>						90%.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: Uso de la electrocoagulación

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Operación	Volumen			
	Voltaje			
	Corriente			
	Tiempo de Tratamiento			
Diseño	Tamaño de electrodos			
	Separación de electrodos			
	Cátodo			
	Ánodo			

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %.

- (X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 20 de Noviembre del 2017

Firma del experto informante.

DNI N° 29 61 169 Teléfono N° 99 9106 180



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN****V. DATOS GENERALES:**

- 5.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg. TINEO VARGAS, VICTOR
- 5.2. Cargo e institución donde labora: UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
- 5.3. Especialidad del validador: ING. QUÍMICO
- 5.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
- 5.6. Título de la investigación: "Uso de la electrocoagulación para reducir la carga de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales Aieper - Hanchipa II"
- 5.5. Autor del instrumento: Perez Bendezu Lisset Shelsy

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
11. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					85%
12. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					85%
13. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					85%
14. Organización	Existe una organización lógica.					85%
15. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					85%
16. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					85%
17. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					85%
18. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					85%
19. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					85%
20. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					85%
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>						



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: Uso de la electrocoagulación

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Operación	Volumen			
	Voltaje			
	Corriente			
	Tiempo de Tratamiento			
Diseño	Tamaño de electrodos			
	Separación de electrodos			
	Cátodo			
	Ánodo			

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 25 %.

- ☐ El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- ☐ El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 22 de NOVIEMBRE del 2017

Firma del experto informante.

DNI N° 08018537 Teléfono N° 988945433

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN****V. DATOS GENERALES:**

- 5.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg. Asenjo Huatón, Oscar
- 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente tiempo parcial
- 5.3. Especialidad del validador: Trofumiento de aguas
- 5.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
- 5.6. Título de la investigación: "Uso de la electrocoagulación para reducir la carga de contaminantes de la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper - Huachipa II"
- 5.5. Autor del instrumento: Perez Bendezu Lisset Shely

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
11. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					90%
12. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					90%
13. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90%
14. Organización	Existe una organización lógica.					90%
15. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90%
16. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90%
17. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90%
18. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					90%
19. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90%
20. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90%
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>						



SEGUNDA VARIABLE: Reducir la carga de contaminantes

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	DBO			
	DQO			
	Ph			
	Grasas y Aceites			
	TSS			
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Turbiedad			
	Temperatura			
	Densidad			
	Salinidad			

VII. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %.

- ( ) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 22 de 11 del 2017

Firma del experto informante.

DNI N° 07272336 Teléfono N° 999 70 9512.

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN****I. DATOS GENERALES:**

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr./Mg. Leuillas Leon Maximo
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Coordinador de PPP I y II
- 1.3. Especialidad del validador: Ingeniero Químico Asesor Químico Senior
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha de observación
- 1.5. Título de la investigación: "Uso de la electrocoagulación para reducir la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales Ajeper - Huachipa, 2017 II"
- 1.5. Autor del instrumento: Perez Bandozu, Lisset Shelsy

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					90%
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					90%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90%
4. Organización	Existe una organización lógica.					90%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90%
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90%
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					96%
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90%
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90%
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>						90%





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

PRIMERA VARIABLE: Uso de la electrocoagulación

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
Operación	Volumen			
	Voltaje			
	Corriente			
	Tiempo de Tratamiento			
Diseño	Tamaño de electrodos			
	Separación de electrodos			
	Cátodo			
	Ánodo			

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %

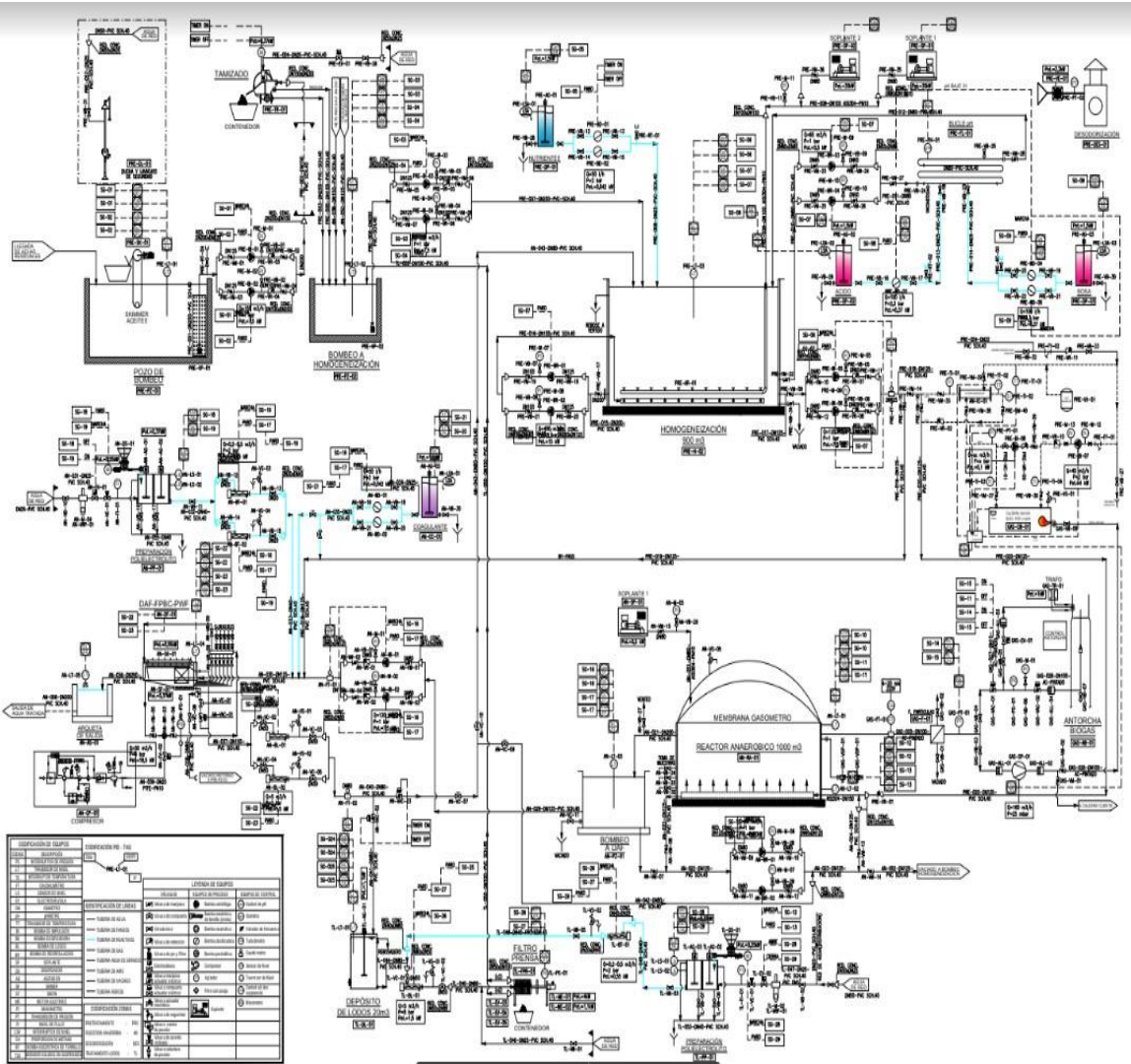
- ☒ El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

San Juan de Lurigancho, 22 de Noviembre, ..... del 2017

Firma del experto informante.

DNI N° 084 21121 Teléfono N° 996 354867

Anexo 3: Proceso de planta



## Anexo 5 Toma de muestras para el tratamiento de electrocoagulación

Figura 1 Muestreo

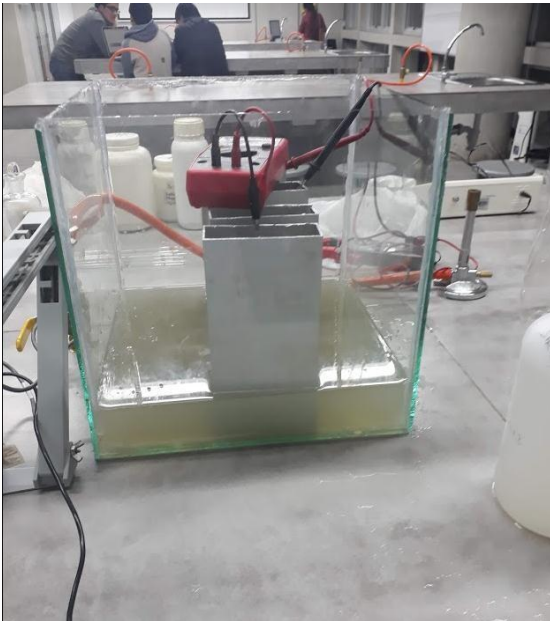


Figura 2 Toma de muestras

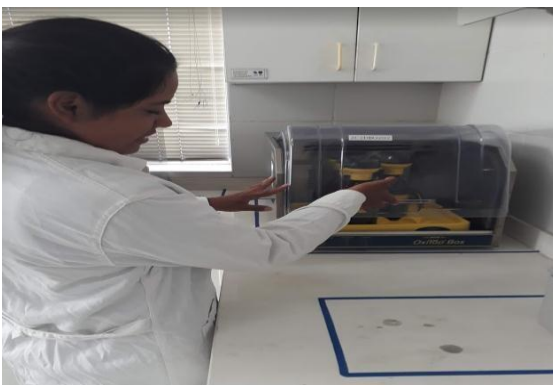




## Elaboración de celda



DQO



## Mediciones de pH



## Resultados con los tratamientos

### Resultados con Hierro



### Resultados con Aluminio



Yo, José Eloy Cuellar Bautista, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Ambiental, de la Universidad César Vallejo - Lima Este (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

"Uso de la electrocoagulación para reducir la carga de contaminantes en la planta de Tratamiento de aguas residuales Ajeper - Huachipa 2018"

, del (de la) estudiante Perez Bondezu Jissel Shelby

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.7% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

San Juan de Lurigancho, 17 de julio del 2018



Firma  
José Eloy Cuellar Bautista  
DNI N° 09367073

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

<sup>1</sup>  
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA

Uso de la electrocoagulación para reducir la carga de contaminantes en la planta de tratamiento de aguas residuales AJEPER – Huachipa 2017 II.<sup>2</sup>

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Lisef Shelsy, Perez Benderzi

ASESOR

José Eloy, Cuéllar Bautista

<sup>1</sup>  
LINEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERU

2018

Resumen de coincidencias

17 %



Se están viendo fuentes estándar

[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)

Coincidencias

1 Entregado a Universida... 6 % >  
Trabajo del estudiante

2 repositorio.ucv.edu.pe 4 % >  
Fuente de Internet

3 cybertesis.unmsm.edu.... 1 % >  
Fuente de Internet

4 docslide.us 1 % >  
Fuente de Internet

5 www.dspace.uce.edu.ec 1 % >  
Fuente de Internet

6 revistas.unimilitar.edu... 1 % >  
Fuente de Internet

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL          UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo Luzel Shelsy Perén, identificado con DNI N° 70306204,  
 egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la  
 Universidad César Vallejo, autorizo ( ☒ ) , No autorizo ( ☐ ) la divulgación y  
 comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado  
 " Uso de la electrocoagulación para reducir la carga  
de contaminantes en el " en el Repositorio Institucional de la UCV  
 (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822,  
 Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

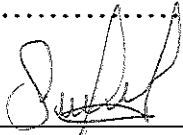
.....

.....

.....

.....

.....

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA

DNI: 70306204

FECHA: 22 de Julio del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

